



TUGAS AKHIR - TE 141599

## **ALAT SORTIR BIJI KOPI BERBASIS METODE GETARAN MENGUNAKAN ARDUINO DUE**

Dandi Zulfikar Azis  
NRP 07111645000025

Dosen Pembimbing  
Dr. Muhammad Rivai, ST.MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***



***FINAL PROJECT - TE 141599***

***COFFEE BEAN SORTER TOOLS BASED ON VIBRATION  
METHOD USING ARDUINO DUE***

Dandi Zulfikar Azis  
NRP 07111645000025

*Advisor Lecturer:*  
Dr. Muhammad Rivai, ST.MT.

***ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018***

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Alat Sortir Biji Kopi Berbasis Metode Getaran Menggunakan Arduino Due”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 28 Juni 2018



Dandi Zulfikar Azis  
NRP 07111645000025

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

# **ALAT SORTIR BIJI KOPI BERBASIS METODE GETARAN MENGGUNAKAN ARDUINO DUE**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

**NIP. 196904261994031003**



***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***



## **ALAT SORTIR BIJI KOPI BERBASIS METODE GETARAN MENGGUNAKAN ARDUINO DUE**

**Nama : Dandi Zulfikar Azis**  
**Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

### **ABSTRAK**

Ukuran biji kopi yang tidak merata pada saat proses sangrai mengakibatkan tingkat kematangan biji kopi tidak merata. Jika proses tersebut terus dilanjutkan hingga menjadi bubuk kopi siap saji, hal itu sangat mempengaruhi kualitasnya. Penelitian ini mengimplementasikan alat sortir biji kopi dengan menggunakan getaran sebagai pengayaknya yang bertujuan untuk klasifikasi ukuran biji kopi agar proses sangrai dapat lebih merata. Alat sortir ini dilengkapi dengan motor getar sebagai sumber getaran yang digunakan, sensor percepatan ADXL345 sebagai monitor dan kendali getaran yang dihasilkan, sensor berat (*Load Cell*) sebagai monitoring berat total biji kopi yang sedang diayak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan kecepatan motor getar sebanding dengan perubahan getaran yang dihasilkan dan berat beban yang diampu berbanding terbalik dengan getaran yang dihasilkan. Pada penelitian ini, proses kendali getaran dengan mengendalikan kecepatan motor getar yang memiliki *setpoint* getaran  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  menghasilkan getaran yang cukup stabil. Hasil implementasi alat sortir biji kopi ini dapat bekerja dengan baik, yaitu dapat melakukan proses sortasi biji kopi dengan berat 2 Kg dapat meloloskan total biji kopi sebesar 1,91 – 1,95 Kg, dengan tingkat *error* akhir pada biji kopi ukuran besar sebesar 1,91 – 2,24 % dan tingkat *error* pada biji kopi ukuran sedang sebesar 1,14 – 1,46 %.

**Kata Kunci: ADXL345, Load Cell, Motor Getar, Sortasi Biji Kopi, Ukuran Biji Kopi.**

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## **COFFEE BEAN SORTER TOOLS BASED ON VIBRATION METHOD USING ARDUINO DUE**

**Name : Dandi Zulfikar Azis**

**Advisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

### **ABSTRACT**

*Uneven size of coffee beans during roasting process resulted in uneven coffee maturity level. If the process continues until to be a coffee powder, it greatly affects the quality. This research implements a coffee bean sorting tool using vibration as a sieve which aims to classify the size of coffee beans so that the roasting process can be more evenly distributed. This sorting tool is equipped with motor vibrator as the vibration source used, the ADXL345 acceleration sensor as monitor and the vibration control, the heavy sensor (Load Cell) as the total weight monitoring of the coffee beans being sifted. The results showed that the change in the speed of the vibrating motor is proportional to the change in the resulting vibration and the weight of the load is inversely proportional to the resulting vibration. In this research, the vibration control process by controlling the vibration motor speed which has vibration setpoint  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  produces a fairly stable vibration. The results of this coffee bean sorting tool implementation can work well, which can do the sorting process of coffee beans with total weight 2 Kg can pass the total coffee beans of 1.91 - 1.95 Kg, with the error rate on the beans large size is 1,91 – 2,24 % and the error rate on medium beans is 1,14 – 1,46 %.*

**Keywords: ADXL345, Coffee Beans Sortation, Coffee Bean Size, Load Cell, Motor Vibration.**

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, petunjuk, dan kasih sayang-Nya, sehingga penulisan tugas akhir yang berjudul “Alat Sortir Biji Kopi Berbasis Metode Getaran Menggunakan Arduino Due” ini dapat terselesaikan dengan baik. Serta shalawat dan salam selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta seluruh umat muslim.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan selama proses pengerjaan penelitian ini, antara lain:

1. Dr. Muhammad Rivai, ST.MT. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan dan arahan selama penulis mengerjakan penelitian ini.
2. Muhammad Attamimi, B. Eng, M. Eng, PhD, Totok Mujiono, Ir., M.Ikom., Dr.Eng, Astria Nur Irfansyah, ST., M.Eng., Dr, Fajar Budiman, ST., M.Sc., selaku dosen penguji sidang ujian.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak Suparlan dan Ibu Siti Romlah atas segala bantuan material maupun motivasi yang diberikan guna untuk realisasi dalam penelitian yang dilakukan.
4. Seluruh rekan-rekan kuliah lanjut jenjang yang senantiasa memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidaklah sempurna, namun penulis berharap agar penelitian ini dapat menjadi bahan bagi rekan-rekan untuk menambah wawasan serta dapat membantu pengerjaan penelitian selanjutnya.

Surabaya, 28 Juni 2018

Dandi Zulfikar Azis

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                   | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                   | <b>ii</b>   |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b> | <b>v</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>              | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                         | <b>ix</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                        | <b>xi</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                  | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                      | <b>xv</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                   | <b>xvii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                    | <b>xix</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>               | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                     | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                  | 2           |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat .....                 | 2           |
| 1.4 Batasan Masalah .....                    | 2           |
| 1.5 Metodologi Penelitian .....              | 3           |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....              | 4           |
| 1.7 Relevansi .....                          | 5           |
| <b>BAB II TEORI PENUNJANG .....</b>          | <b>7</b>    |
| 2.1 Kopi Robusta .....                       | 7           |
| 2.1.1 Biji Kopi Robusta .....                | 7           |
| 2.1.2 Standar Mutu Biji Kopi Robusta .....   | 7           |
| 2.2 Alat Sortasi Biji Kopi .....             | 8           |
| 2.2.1 Pengayak Biji Kopi .....               | 10          |
| 2.2.2 Motor Getar .....                      | 11          |
| 2.2.3 Power Supply .....                     | 12          |
| 2.3 Akselerometer .....                      | 12          |
| 2.3.1 MEMS Akselerometer .....               | 13          |
| 2.3.2 ADXL345 .....                          | 14          |
| 2.4 Sensor Berat .....                       | 15          |
| 2.4.1 Strain Gauge .....                     | 15          |
| 2.4.2 Modul HX711 .....                      | 17          |
| 2.5 Buck Converter .....                     | 18          |
| 2.6 LCD 16x2 .....                           | 20          |
| 2.7 Arduino Due .....                        | 21          |
| <b>BAB III PERANCANGAN SISTEM .....</b>      | <b>23</b>   |
| 3.1 Arsitektur Sistem .....                  | 23          |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 3.2   | Desain Mekanik Sistem .....                                       | 26 |
| 3.2.1   | Desain Motor Getar .....  | 26 |
| 3.2.2   | Desain Ayakan .....   | 27 |
| 3.2.3   | Desain Mekanik Keseluruhan .....                                  | 28 |
| 3.3   | Desain Elektrik Sistem .....                                      | 29 |
| 3.3.1   | Perancangan Sensor Akselero ADXL345 .....                         | 30 |
| 3.3.2   | Perancangan <i>Load Cell</i> .....                                | 30 |
| 3.3.3   | Perancangan <i>Driver Motor</i> .....                             | 30 |
| 3.3.4   | Perancangan LCD 16x2 .....  | 32 |
| 3.4   | Perancangan Kendali Sistem .....                                  | 32 |
| 3.5   | Perancangan Perangkat Lunak.....                                  | 33 |
| 3.5.1   | Perangkat Lunak Sensor Akselero ADXL345 .....                     | 33 |
| 3.5.2   | Perangkat Lunak Sensor Berat dan HX711 .....                      | 37 |
| 3.5.3   | Perangkat Lunak <i>Driver Motor</i> dan LCD .....                 | 40 |
| 3.5.4   | Perangkat Lunak Kontrol Getaran.....                              | 40 |
| <b>BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN SISTEM</b> ..... |   | 44 |
| 4.1   | Pengujian Sensor Berat.....                                       | 44 |
| 4.2   | Pengujian Sensor ADXL345 .....                                    | 47 |
| 4.3   | Pengujian Kecepatan Motor.....                                    | 50 |
| 4.4   | Pengujian Sistem Terintegrasi .....                               | 52 |
| 4.4.1   | Pengujian Getaran Terhadap Kecepatan Motor Getar.....             | 52 |
| 4.4.2   | Pengujian Getaran Terhadap Perubahan Beban .....                  | 56 |
| 4.4.3   | Pengujian Kontrol Getaran Terhadap Perubahan Beban .....          | 60 |
| 4.5   | Pengujian Efisiensi Alat Sortasi Biji Kopi.....                   | 64 |
| 4.5.1   | Pengujian Tingkat <i>Error</i> pada Biji Kopi Ukuran Besar .....  | 65 |
| 4.5.2   | Pengujian Tingkat <i>Error</i> pada Biji Kopi Ukuran Sedang ..... | 67 |
| <b>BAB V PENUTUP</b> .....                          |   | 70 |
| 5.1   | Kesimpulan .....  | 70 |
| 5.2   | Saran .....   | 71 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                         |   | 72 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....                               |   | 73 |
| <b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b> .....                  |   | 83 |



## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Buah Kopi Robusta .....   | 7  |
| Gambar 2.2  | Mesin Pengayak Biji Kopi. ....  | 9  |
| Gambar 2.3  | Ayakan Biji Kopi .....  | 10 |
| Gambar 2.4  | Struktur Motor Getar .....  | 11 |
| Gambar 2.5  | <i>Power Supply</i> 12 V / 5 A.....   | 12 |
| Gambar 2.6  | Struktur Kapasitif MEMS .....   | 13 |
| Gambar 2.7  | Diagram Blok ADXL345 .....  | 14 |
| Gambar 2.8  | Definisi dari Strain .....  | 15 |
| Gambar 2.9  | <i>Wheatstone Bridge</i> .....  | 16 |
| Gambar 2.10 | Rangkaian <i>Half-Bridge</i> .....  | 17 |
| Gambar 2.11 | Diagram Blok HX711 untuk Pengukuran Berat.....                                  | 17 |
| Gambar 2.12 | Konfigurasi Dasar <i>Buck Converter</i> .....                                   | 18 |
| Gambar 2.13 | Diagram Blok LCD 16x2 .....   | 20 |
| Gambar 2.14 | Arduino Due .....   | 22 |
| Gambar 3.1  | Realisasi Desain Sistem.....  | 23 |
| Gambar 3.2  | Diagram Blok Arsitektur Sistem .....  | 24 |
| Gambar 3.3  | Perancangan Sistem Elektronik .....   | 25 |
| Gambar 3.4  | (1) Beban Eksentrik Tampak Atas, (2) Tampak Depan, (3) Desain Motor Getar ..... | 26 |
| Gambar 3.5  | Desain Ayakan Tampak Tiga Dimensi.....  | 27 |
| Gambar 3.6  | Desain Mekanik Secara Keseluruhan (1) .....                                     | 28 |
| Gambar 3.7  | Desain Mekanik Secara Keseluruhan (2) .....                                     | 28 |
| Gambar 3.8  | Koneksi Modul ADXL345 dengan Arduino Due.....                                   | 29 |
| Gambar 3.9  | Konfigurasi <i>Load Cell</i> dan Modul Amplifier HX711 .....                    | 30 |
| Gambar 3.10 | Konfigurasi <i>Driver Motor</i> .....   | 30 |
| Gambar 3.11 | Konfigurasi LCD 16x2.....   | 31 |
| Gambar 3.12 | Blok Diagram Kendali Getaran .....  | 32 |
| Gambar 3.13 | Diagram Alir Algoritma Sensor ADXL345 .....                                     | 33 |
| Gambar 3.14 | Diagram Alir Algoritma Sensor Berat.....  | 37 |
| Gambar 3.15 | Diagram Alir Algoritma Kontrol Getaran .....                                    | 41 |
| Gambar 4.1  | Pengujian Sensor Berat dengan Beban 10 Kg .....                                 | 44 |
| Gambar 4.2  | Grafik Linieritas Sensor Berat.....   | 45 |
| Gambar 4.3  | Pengujian Sensor Percepatan ADXL345.....  | 46 |
| Gambar 4.4  | Grafik ADXL345 Terhadap Perubahan Sudut .....                                   | 48 |
| Gambar 4.5  | Grafik Linearitas Sensor ADXL345.....   | 49 |
| Gambar 4.6  | Uji Motor Tanpa Beban Eksentrik PWM = 50% .....                                 | 50 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.7  | Grafik Linieritas Kecepatan Motor .....  | 51 |
| Gambar 4.8  | Grafik Hasil Pengujian pada PWM 50 %.....  | 53 |
| Gambar 4.9  | Grafik Hasil Pengujian pada PWM 75 %.....  | 54 |
| Gambar 4.10 | Grafik Hasil Pengujian pada PWM 90 %.....  | 54 |
| Gambar 4.11 | Pengujian Getaran dengan Beban 2 Kg.....   | 55 |
| Gambar 4.12 | Hasil Pengujian Getaran dengan Beban 1 Kg .....  | 57 |
| Gambar 4.13 | Hasil Pengujian Getaran dengan Beban 2 Kg .....  | 57 |
| Gambar 4.14 | Hasil Pengujian Getaran dengan Beban 3 Kg .....  | 58 |
| Gambar 4.15 | Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 3 Kg .....  | 59 |
| Gambar 4.16 | Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 1 Kg.....   | 61 |
| Gambar 4.17 | Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 2 Kg.....   | 61 |
| Gambar 4.18 | Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 3 Kg.....   | 62 |
| Gambar 4.19 | Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 4 Kg.....   | 62 |
| Gambar 4.20 | Hasil Pengujian, (a) Biji Kopi Ukuran Besar = 890 gram,<br>(b) Biji Kopi Ukuran Sedang = 1000 gram,<br>(c) Biji Kopi Ukuran Kecil = 60 gram,<br>(d) Biji Kopi yang Tersangkut = 50 gram .....  | 64 |
| Gambar 4.21 | Mengukur Tingkat <i>Error</i> pada Biji Kopi Ukuran Besar,<br>(a) Berat Biji Kopi Ukuran Besar Sebenarnya = 740 gram<br>(b) <i>Error</i> Berat Biji Kopi Ukuran Sedang = 140 gram<br>(c) <i>Error</i> Berat Biji Kopi Ukuran Kecil = 10 gram ..... | 65 |
| Gambar 4.22 | Mengukur Tingkat <i>Error</i> pada Biji Kopi Ukuran Sedang<br>(a) Berat Biji Kopi Ukuran Sedang Sebenarnya = 960 gram<br>(b) <i>Error</i> Berat Biji Kopi Ukuran Kecil = 40 gram .....   | 67 |

## DAFTAR TABEL

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1  | Syarat Mutu Umum .....  | 8  |
| Tabel 2.2  | Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Kering .....   | 8  |
| Tabel 2.3  | Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Basah .....  | 8  |
| Tabel 2.4  | Antarmuka Pin pada LCD 16x2 .....   | 21 |
| Tabel 2.5  | Spesifikasi Arduino Due .....   | 22 |
| Tabel 4.1  | Hasil Pengujian Sensor Berat .....  | 45 |
| Tabel 4.2  | Hasil Pengujian ADXL345 Terhadap Perubahan Sudut .....  | 47 |
| Tabel 4.3  | Tingkat <i>Error</i> Hasil Pengujian ADXL345 .....  | 47 |
| Tabel 4.4  | Hasil Pengujian Kecepatan Motor .....   | 50 |
| Tabel 4.5  | Hasil Pengujian Getaran Terhadap Perubahan PWM .....  | 52 |
| Tabel 4.6  | Hasil Pengujian Getaran Terhadap Perubahan Beban .....  | 56 |
| Tabel 4.7  | Hasil Pengujian Kontrol Getaran .....   | 60 |
| Tabel 4.8  | Hasil Pengujian Sortasi dengan Berat Total 2000 gram .....  | 63 |
| Tabel 4.9  | Pengukuran Tingkat <i>Error</i> Hasil Sortasi pada<br>Biji Kopi Ukuran Besar pada Pengayakan yang ke-1 .....        | 65 |
| Tabel 4.10 | Pengukuran Tingkat <i>Error</i> Hasil Sortasi pada<br>Biji Kopi Ukuran Besar pada Pengayakan yang ke-2 .....        | 66 |
| Tabel 4.11 | Pengukuran Tingkat <i>Error</i> Hasil Sortasi pada<br>Biji Kopi Ukuran Besar pada Pengayakan yang ke-3 .....        | 66 |
| Tabel 4.12 | Hasil Pengukuran Tingkat <i>Error</i> Hasil Sortasi pada<br>Biji Kopi Ukuran Sedang pada Pengayakan yang ke-1 ..... | 67 |
| Tabel 4.13 | Hasil Pengukuran Tingkat <i>Error</i> Hasil Sortasi pada<br>Biji Kopi Ukuran Sedang pada Pengayakan yang ke-2 ..... | 67 |

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kopi merupakan komoditas perdagangan internasional terbesar kedua setelah minyak bumi, dan Indonesia adalah negara pengekspor kopi terbesar keempat setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia [10]. Namun, banyaknya petani kopi yang kurang akan pengetahuan bagaimana cara mengolah biji kopi yang baik dan benar. Hal ini akan berdampak terhadap turunnya kualitas kopi yang dihasilkan dan mengurangi kepercayaan konsumen terhadap produk kopi asli Indonesia.

Menurut data dari BPS (Badan Pusat Statistik), jumlah penduduk pada tahun 2016-2020 diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya. Dengan demikian permintaan rumah tangga di Indonesia akan kopi meningkat setiap tahunnya sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk Indonesia [1].

Karena perawatan diperlukan untuk mendapatkan cita rasa yang optimal dari produk akhir, sistem pemantauan kualitas bahan baku menjadi peran utama dalam pengolahan kopi [9]. Atas dasar tersebut muncul suatu ide untuk membuat suatu alat yang dapat memilah biji kopi berdasarkan ukurannya. Hal ini bertujuan untuk mengklasifikasikan ukuran biji kopi tersebut. Jika biji kopi memiliki keseragaman dalam ukuran, berat, dan kelembapan, maka proses pemanggangan akan relatif lebih mudah untuk dilakukan. Tingkat kematangan biji kopi panggang menciptakan berbagai rasa dan aroma dalam minuman kopi [13]. Adapun klasifikasi ukuran biji kopi tersebut menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu, untuk biji kopi robusta pengolahan basah memiliki diameter lebih dari 7,5 mm untuk ukuran besar, 6,5 – 7,5 mm untuk ukuran sedang, 5,5 – 6,5 mm untuk ukuran kecil [2].

Direncanakan alat sortasi ini khusus digunakan untuk biji kopi jenis robusta. Desain alat menggunakan 3 buah wadah alumunium yang disusun secara bertingkat. Setiap wadah memiliki lubang-lubang dengan diameter yang berbeda yaitu 7,5 mm, 6,5 mm, dan 5,5 mm. Dengan memanfaatkan metode getaran (pengayakan) diharapkan biji kopi tersebut dapat terpisah dengan efisiensi yang tinggi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain mekanik dan metode yang digunakan untuk proses pemilahan biji kopi.
2. Sumber getaran apa yang digunakan dalam proses pengayakan biji kopi tersebut.
3. Bagaimana metode yang digunakan untuk pengukuran tingkat getaran yang dihasilkan oleh motor getar.
4. Bagaimana metode yang digunakan untuk memonitoring berapa banyak biji kopi yang dipilah.
5. Jenis mikrokontroler apa yang digunakan pada alat pemilah biji kopi tersebut.

## **1.3 Tujuan dan Manfaat**

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Desain mekanik terbuat dari alumunium yang memiliki jaring-jaring berlubang dengan metode getaran sebagai pengayaknya.
2. Sumber getaran didapat dari motor getar.
3. Pengukuran tingkat getaran memanfaatkan percepatan yang dihasilkan oleh motor getar dengan menggunakan Sensor ADXL345.
4. Monitoring dilakukan dengan memanfaatkan berat total biji kopi yang masih diayak dengan menggunakan *Load Cell*.
5. Mikrokontroler yang digunakan pada alat pemilah biji kopi ini adalah Arduino Due.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilahan dilakukan hanya untuk biji kopi robusta pengolahan basah.
2. Beban total biji kopi yang dapat disortir tidak lebih dari 4 Kg.
3. Ukuran ayakan biji kopi yang digunakan adalah 30 x 30 cm.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Dalam pengerjaan penelitian ini adapun metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur dilakukan pengumpulan dasar teori dan metode-metode apa yang harus digunakan untuk menunjang dalam pengerjaan penelitian. Dasar teori tersebut diambil dari jurnal dan buku-buku yang relevan, adapun referensi teori tersebut berisikan tentang:

- a. Kualitas kopi ditinjau dari ukuran biji kopi
- b. Mesin pemilah biji kopi menggunakan metode ayakan
- c. Teori tentang percepatan dan kecepatan
- d. Penghasil getaran menggunakan motor DC

Dasar teori diambil dari buku-buku, jurnal, dan artikel-artikel dari internet.

### 2. Perancangan Mekanik Pengayak Biji Kopi

Pada tahap ini dirancang 3 ayakan biji kopi yang memiliki lubang-lubang dengan diameter tertentu yang disusun bertingkat. Dengan dimensi pengayak 30x30 cm, ayakan dapat menampung biji kopi  $\pm 2-3$  Kg.

### 3. Perancangan Eletronik

Pada tahap ini dilakukan perancangan sebuah sistem elektronika dari alat sortir biji kopi tersebut. Perangkat tersebut meliputi sensor ADXL345, *load cell*, antarmuka LCD, dan mikrokontroler arduino due. Sehingga menjadi sebuah kesatuan sistem elektronika yang terintegrasi.

### 4. Perancangan Sistem

Setelah mempelajari teori dari referensi yang berkaitan, langkah berikutnya adalah menggabungkan perancangan mekanik, elektrik, dan perangkat lunak menjadi satu sistem secara utuh. Dimana perancangan sistem tersebut meliputi integrasi sensor-sensor, motor getar, dan mikrokontroler.

### 5. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat untuk menguji keakuratan alat dengan cara menggetarkan pengayak yang di monitoring percepatan getarannya untuk dilakukan proses kontrol getaran dengan ukuran beban yang berbeda.

6. Analisa dan Perbaiki Sistem

Analisa sistem dilakukan guna untuk mengetahui apa penyebab terjadinya sistem tersebut *error* atau tidak sesuai dengan keinginan. Analisa dilakukan setelah melakukan pengujian sistem. Setelah menemukan titik *error* tersebut, dilakukan perbaikan pada sistem agar alat dapat bekerja sesuai dengan keinginan.

7. Penulisan Buku Tugas Akhir

Tahap penulisan buku tugas akhir dilakukan beriringan dengan pengerjaan alat.

8. Penyusunan Jurnal Pomits

Penyusunan jurnal Pomits dilakukan setelah pengerjaan tugas akhir selesai.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab I: Pendahuluan

Pada bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi.

2. Bab II: Teori Penunjang

Bab ini menjelaskan teori yang menunjang tentang ukuran biji kopi, sensor akselerometer ADXL345, *load cell*, HX711, prinsip kerja getaran, papan mikrokontroler arduino due, dan modul-modul penunjang lainnya.

3. Bab III: Perancangan Sistem

Bab ini membahas tentang perancangan alat sortir biji kopi yang meliputi perangkat mekanik, perangkat lunak, dan perangkat elektronik.

4. Bab IV: Pengujian Sistem

Bab ini membahas tentang hasil yang didapat dari berbagai pengujian yang dilakukan pada alat secara keseluruhan maupun substansial. Serta membahas hasil evaluasi sistem tersebut.

5. Bab V: Kesimpulan

Bab ini membahas tentang kesimpulan meliputi hasil yang dicapai, serta kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.



## **1.7 Relevansi**

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mendukung penelitian pada bidang elektronika khususnya mengenai penggunaan sensor akselero untuk monitoring getaran dalam berbagai aplikasi.
2. Mendukung penelitian mengenai penggunaan sensor berat / *load cell* untuk berbagai pengaplikasian.
3. Dihasilkan otomatisasi alat sortir biji kopi untuk mendukung kinerja serta meningkatkan efisiensi para petani kopi.

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

#### **2.1 Kopi Robusta**

Kopi Robusta merupakan salah satu jenis tanaman kopi yang memiliki nama ilmiah *Coffea Canephora*. Untuk kata robusta diambil dari kata “*robust*” yang merupakan bahasa inggris yang artinya kuat. Gambar 2.1 merupakan buah kopi robusta menjelang kematangannya.

##### **2.1.1 Biji Kopi Robusta**

Minuman yang diolah dari biji kopi robusta memiliki cita rasa yang kuat dan cenderung lebih pahit jika dibandingkan dengan arabika. Jenis biji kopi ini banyak digunakan untuk bahan baku kopi siap saji (kopi instan) dan pencampur kopi racikan (*blend*) untuk menambah kekuatan cita rasa kopi.

Biji kopi jenis robusta dianggap inferior dan memiliki harga yang lebih rendah dibanding dengan jenis arabika. Salah satu penghasil kopi robusta terbesar di dunia adalah Indonesia. Sebagian besar perkebunan kopi di Indonesia ditanami kopi jenis robusta, sisanya adalah arabika, excelsa, dan liberika.

##### **2.1.2 Standar Mutu Biji Kopi Robusta**

Standar mutu pada kopi sangat penting sebagai bentuk petunjuk pengawasan mutu serta sebagai kontrol kualitas. Hal ini diperlukan guna untuk menghadapi rasa ketidakpuasan dari konsumen. Syarat mutu umum biji kopi sesuai dengan SNI No. 01-2907-2008 dapat dilihat pada tabel 2.1. Sedangkan untuk ukuran biji adapun syarat mutu khusus biji kopi robusta untuk pengolahan kering dan pengolahan basah sesuai dengan SNI No. 01-2907-2008 dapat dilihat pada tabel 2.2 dan tabel 2.3.



### Gambar 2.1 Buah Kopi Robusta [3]

**Tabel 2.1** Syarat Mutu Umum [4]

| No | Kriteria                                 | Satuan         | Persyaratan |
|----|--|----------------|-------------|
| 1. | Serangga hidup                           |                | Tidak ada   |
| 2. | Biji berbau busuk dan atau berbau kapang |                | Tidak ada   |
| 3. | Kadar air                                | % fraksi massa | Maks. 12,5% |
| 4. | Kadar kotoran                            | % fraksi massa | Maks 0,5%   |

**Tabel 2.2** Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Kering [4]

| Ukuran | Kriteria  | Satuan         | Persyaratan   |
|--------|---|----------------|---------------|
| Besar  | Tidak lolos ayakan berdiameter 6,5 mm ( <i>Sieve</i> No.16)                               | % fraksi massa | Maks lolos 5% |
| Kecil  | Lolos ayakan diameter 6,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 3,5 mm ( <i>Sieve</i> No. 9) | % fraksi massa | Maks lolos 5% |

**Tabel 2.3** Syarat Mutu Khusus Kopi Robusta Pengolahan Basah [4]

| Ukuran | Kriteria   | Satuan         | Persyaratan   |
|--------|--|----------------|---------------|
| Besar  | Tidak lolos ayakan berdiameter 7,5 mm ( <i>Sieve</i> No.19)                                | % fraksi massa | Maks lolos 5% |
| Sedang | Lolos ayakan diameter 7,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 6,5 mm ( <i>Sieve</i> No.16)  | % fraksi massa | Maks lolos 5% |
| Kecil  | Lolos ayakan diameter 6,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 5,5 mm ( <i>Sieve</i> No. 14) | % fraksi massa | Maks lolos 5% |

## 2.2 Alat Sortasi Biji Kopi

Pengolahan biji kopi sangat dibutuhkan guna menghasilkan kopi yang baik dan berkualitas, sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Pengolahan biji kopi melalui beberapa tahapan dari mulai

cara panen sampai pengepakan dan penyimpanan biji kopi sehingga siap untuk dijual atau yang lazim disebut penanganan pasca panen.

Salah satu karakteristik mutu biji kopi yang sangat penting bagi konsumen adalah keseragaman ukuran biji sortasi yang ditujukan untuk mengelompokkan biji kopi berdasarkan ukuran fisiknya dan sekaligus memisahkan kotoran-kotoran yang terdapat didalamnya. Dipulai Jawa, sortasi biasanya menggunakan cara manual yang dilakukan dengan hasil atau prestasi kerja sortasi sekitar 100 kg biji kering/orang/hari [5].

Sortasi biji kopi dibagi menjadi dua bagian, yaitu secara manual dan mekanis. Secara manual proses sortasi biji kopi mengandalkan tenaga pekerja dan membutuhkan waktu lama. Proses sortasi yang kurang optimal disebabkan oleh langkanya tenaga kerja terampil dan tenaga kerja di sektor perkebunan. Sortasi secara mekanis, dengan menggunakan tenaga mesin tampaknya merupakan salah satu alternatif yang cocok untuk sortasi biji kopi yang lebih efisien di masa yang akan datang [5].

Mesin sortasi berfungsi untuk memilah biji kopi atas dasar ukuran fisiknya sesuai dengan standar mutu SNI atau mutu ekspor. Tujuan utama penggunaan mesin ini adalah untuk menekan biaya sortasi yang sebelumnya dilakukan secara manual dan untuk memperoleh keseragaman atau konsistensi ukuran biji yang lebih optimal. Gambar 2.2 merupakan salah satu contoh alat sortasi biji kopi dengan metode pengayakan.

Prinsip kerja mesin sortasi tersebut adalah pemisah ukuran biji berlangsung diatas pengayak yang bergetar dengan frekuensi dan gaya getar tertentu. Mesin ayakan tersebut terdiri dari 3 buah ayakan yang memiliki lubang-lubang dengan diameter yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.



**Gambar 2.2** Mesin Pengayak Biji Kopi



**Gambar 2.3** Ayakan Biji Kopi [6]

### **2.2.1 Pengayak Biji Kopi**

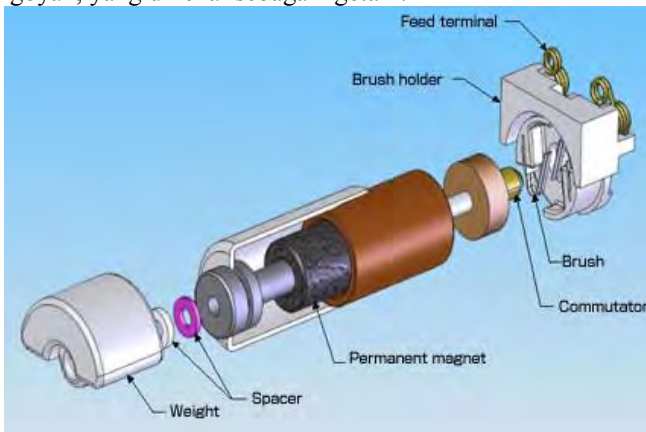
Meskipun biji kopi memiliki ukuran dan proporsi yang cukup seragam, mereka dinilai pertama berdasarkan ukuran kemudian berdasarkan kepadatannya. Biji-biji ini diklasifikasikan kedalam ukuran yang berbeda-beda dengan cara mengayak biji melalui saringan yang memiliki lubang dengan ukuran tertentu [7].

Untuk biji kopi robusta pengolahan basah diklasifikasikan menjadi 3 ukuran, yaitu besar, sedang, dan kecil. Menurut SNI untuk ukuran besar biji kopi memiliki diameter lebih dari 7,5 mm. Untuk ukuran sedang biji kopi memiliki diameter 6,5 mm – 7,5 mm. Untuk ukuran kecil biji kopi memiliki diameter 5,5 mm – 6,5 mm. Gambar 2.3 merupakan contoh pengayak biji kopi yang memiliki tiga ukuran diameter lubang berbeda.

### 2.2.2 Motor Getar

Motor getar adalah motor DC yang digunakan untuk mengirimkan informasi pada pengguna dengan mengirimkan sinyal getar yang tidak memiliki suara. Motor getar banyak digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk *handphone*, *handsets*, dan lain-lain. Fitur utama dari motor getar adalah magnet motor DC adalah permanen, dimana itu akan selalu memiliki sifat magnetiknya (tidak seperti elektromagnet, yang hanya berperilaku seperti magnet ketika arus listrik mengalir melewatinya).

Gambar 2.4 merupakan konstruksi yang ada pada motor getar. Motor getar ini pada dasarnya motor DC yang tidak seimbang. Dengan kata lain, berat yang tidak seimbang menempel pada poros rotasi motor menghasilkan gaya sentrifugal ketika berputar dan mengakibatkan pergeseran pada motor. Perpindahan kecepatan yang tinggi membuat motor goyah, yang dikenal sebagai “getar”.



**Gambar 2.4** Struktur Motor Getar [14]

Getaran dapat diubah dengan mengubah berat yang dipasang, jarak beban ke poros, dan kecepatan motor. Gaya sentrifugal dihasilkan dari beban tidak seimbang yang berotasi dapat dihitung melalui persamaan berikut:

Frekuensi getaran:

$$f_{\text{getaran}} = \frac{\text{motorRPM}}{60} \quad (2.1)$$

Gaya getaran:

$$F_{\text{getaran}} = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (2.2)$$

dimana  $m$  adalah massa berat eksentrik,  $r$  adalah jarak massa,  $\omega$  adalah kecepatan motor ( $\text{rads}^{-1}$ ) yang dinyatakan:

$$\omega = 2\pi f \quad (2.3)$$

### 2.2.3 Power Supply

Pada alat sortasi biji kopi ini *power supply* 12V / 5A digunakan sebagai sumber energi utamanya. Karena alat ini tidak *mobile* sehingga lebih praktis apabila menggunakan *power supply* yang langsung mengambil sumber AC dari PLN. Adapula alasan lainnya mengapa menggunakan *power supply* ini, dikarenakan motor DC yang digunakan



**Gambar 2.5** *Power Supply* 12V / 5A

membutuhkan daya yang cukup besar dan komponen-komponen penunjang lainnya. Sehingga supaya daya dapat terpenuhi secara keseluruhan maka digunakanlah *power supply* 12V / 5A.

### 2.3 Akselerometer

Merupakan sebuah transduser yang dapat digunakan untuk

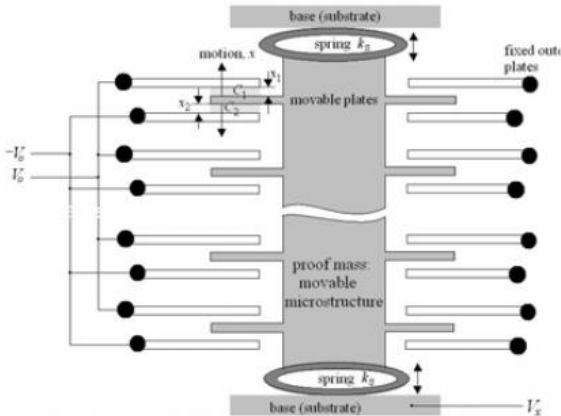


mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Pada dasarnya akselerometer bekerja menggunakan prinsip dasar MEMS.

### 2.3.1 MEMS Akselerometer

MEMS (*Micro-Electro-Mechanical System*) adalah merupakan sebuah sensor mekanik yang dikemas ke dalam bentuk *Integrated Circuit (IC)*. Karena merupakan sebuah mikroelektronik maka komponen utama penyusunnya adalah silikon dan dalam ukuran mikro. MEMS pada akselerometer biasa digunakan untuk mengukur percepatan, posisi, atau getaran [20]. Pada gambar 2.6 merupakan struktur MEMS dengan memanfaatkan prinsip kerja kapasitif.

Pada kapasitif MEMS tersebut percepatan dengan getaran tertentu akan mengakibatkan perubahan kapasitansi dan pada akhirnya akan



**Gambar 2.6** Struktur Kapasitif MEMS [8]

mengakibatkan perubahan tegangan output dari sensor MEMS seperti persamaan di bawah:

$$a = -\frac{k \cdot x}{2 m \epsilon} \Delta C \quad (2.4)$$

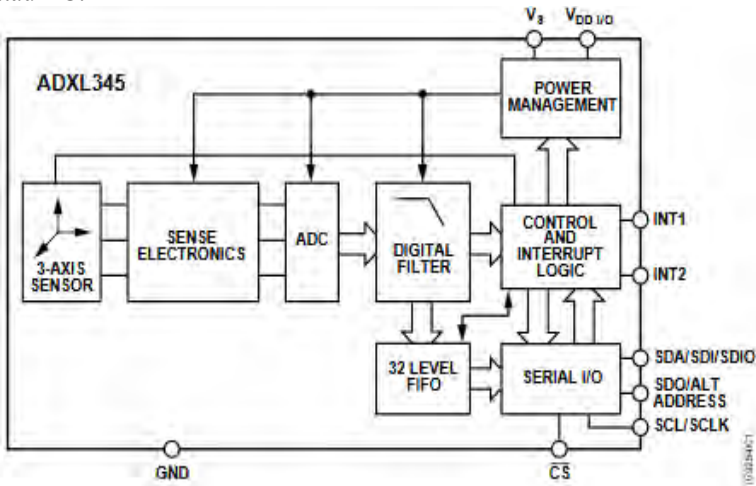
dimana output tegangan sensor kapasitif dari sensor MEMS ditentukan oleh persamaan:

$$Vx = \frac{C2-C1}{C2+C1} Vo \quad (2.5)$$

Dari sini dapat disimpulkan bahwa perubahan kapasitansi mengakibatkan perubahan tegangan pada sensor output, sedang perubahan kapasitansi berbanding lurus dengan percepatan getaran  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$  dimana  $9.8\left(\frac{m}{s^2}\right) = 1 \text{ g}$ .

### 2.3.2 ADXL345

Sensor ADXL345 merupakan sensor gerak / akselerasi 3 sumbu yang memiliki resolusi 13-bit (8194 tingkat presisi). Sensor ini dapat mendeteksi tarikan pada jangkauan hingga 16g ( $16 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \sim \pm 157 \text{ m/s}^2$ ). Sensor ini cocok digunakan pada rangkaian mikrokontroler seperti Arduino karena komunikasi dapat dilakukan dengan cara SPI atau I<sup>2</sup>C.



**Gambar 2.7** Diagram Blok ADXL345 [11]

Beberapa fungsi penginderaan khusus disediakan, yaitu dapat mendeteksi status aktivitas gerakan dengan melakukan perbandingan antara percepatan / akselerasi pada setiap sumbu dengan nilai ambang batas sensitivitas yang telah dikonfigurasi melalui program. Modul ini juga menyediakan pendeteksi ketukan (*tap-sensing*) yang mampu

mendeteksi ketukan tunggal ataupun ganda pada berbagai arah. Modul ini juga dapat mendeteksi gerak jatuh bebas (*free-fall sensing*). Fungsi-fungsi tersebut dapat dipetakan pada dua pin interupsi keluaran. Gambar 2.7 merupakan diagram blok dari ADXL345.

Dengan resolusi tinggi yang dihasilkan (3,9mg / LSB *high resolution*) memungkinkan modul ini dapat mendeteksi inklinasi pada tingkat yang sangat halus. Modul ini dapat mendeteksi aktifitas gerakan (*active / inactive*) dengan membandingkan percepatan / akselerasi pada sumbu manapun dengan ambang batas sensitivitas yang dapat diatur melalui program.

Adapun fitur dari produk ADXL345 ini adalah:

- Menggunakan chip ADXL345 yang diproduksi oleh Analog Devices Inc.
- Tipe data output adalah digital
- Antarmuka komunikasi SPI / I<sup>2</sup>C
- Jangkauan deteksi dari  $\pm 2g$  hingga  $\pm 16g$
- Catu daya 2V – 3,6V
- Pin antarmuka toleran terhadap tegangan 5V (dapat dihubungkan langsung dengan I/O TTL 5V).
- Suhu operasional  $40^{\circ} \sim 85^{\circ}$
- Konsumsi arus rendah kurang dari 25  $\mu A$  pada saat deteksi
- Konsumsi arus 0,1  $\mu A$  pada saat siaga
- Ukuran modul 27,8 x 16,9 x 11 mm

Pada perancangan kali ini ADXL345 digunakan untuk mendeteksi getaran pada alat sortir biji kopi yang disebabkan oleh motor getar. ADXL345 mendeteksi perubahan percepatan dari getaran mekanik ketika memiliki beban yang berbeda. Ketika mekanik mengalami perlambatan / percepatan getaran maka sensor akan mendeteksi hal tersebut. Kemudian sensor memberikan sinyal ke mikrokontroler guna untuk mengontrol agar percepatan getaran stabil.

## 2.4 Sensor Berat

Sensor berat / *load cell* adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban. Pengukuran yang dilakukan oleh *load cell* menggunakan prinsip tekanan.

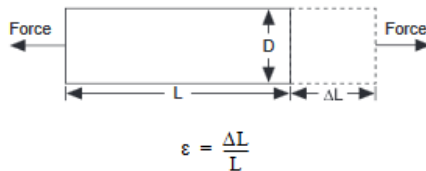
### 2.4.1 Strain Gauge

*Strain* adalah jumlah dari perubahan bentuk tubuh karena gaya

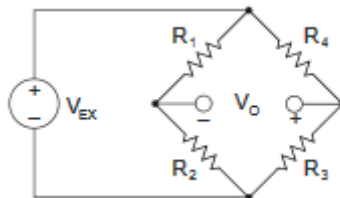
yang diterapkan. Lebih spesifiknya, *strain* ( $\epsilon$ ) didefinisikan sebagai perubahan fraksional panjang, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.

*Strain* bisa menjadi positif (tarik) atau negatif (tekan). Meskipun tidak berdimensi, *strain* terkadang diekspresikan dalam satuan mm/mm. Pada kenyataannya, besar *strain* terukur sangat kecil. Oleh karena itu, *strain* sering dinyatakan sebagai *microstrain* ( $\mu\epsilon$ ) yang merupakan  $\epsilon \cdot 10^{-6}$ .

Dalam prakteknya, pengukuran *strain* seringkali dalam orde mili ( $\epsilon \cdot 10^{-3}$ ) dan tidak lebih dari itu. Maka dari itu mengukur *strain* memerlukan pengukuran yang akurat dari perubahan resistansi yang sangat kecil.



**Gambar 2.8** Definisi dari *Strain* [16]



**Gambar 2.9** *Wheatstone Bridge* [16]

Untuk mengukur perubahan resistansi yang sangat kecil, *strain gauge* hampir selalu menggunakan konfigurasi *bridge* dengan sumber tegangan atau arus eksitasi. Sebuah konfigurasi *wheatstone bridge* yang terdiri dari empat buah resistor dengan tegangan eksitasi  $V_{EX}$  ditunjukkan pada gambar 2.9. Dimana tegangan keluaran pada konfigurasi tersebut adalah:

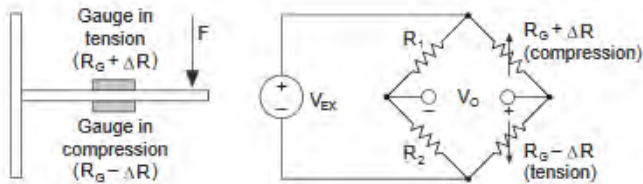
$$V_o = \left[ \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{ex} \quad (2.6)$$

Sebagai alternatif, kita dapat menggandakan sensitivitas *bridge*

untuk *strain* dengan membuat kedua *gauge* aktif, meskipun dalam arah yang berbeda. Sebagai contoh gambar 2.10 mengilustrasikan konfigurasi tersebut ke sebuah balok lentur dengan satu buah *bridge* yang dipasang pada tegangan (*tension*)  $R_G + \Delta R$  dan pada sisi yang berlawanan dipasang secara kompresi (*compression*)  $R_G - \Delta R$ . Dari konfigurasi tersebut maka diperoleh persamaan:

$$\frac{V_o}{V_{ex}} = -\frac{GF \cdot \varepsilon}{2} \quad (2.7)$$

Biasanya konfigurasi ini diterapkan pada beberapa jenis sensor berat atau yang sering disebut sebagai *load cell*. Adapun untuk sebagian *load cell* juga menerapkan konfigurasi *quarter-bridge* atau *full-bridge* [12].



**Gambar 2.10** Rangkaian *Half-Bridge* [16]

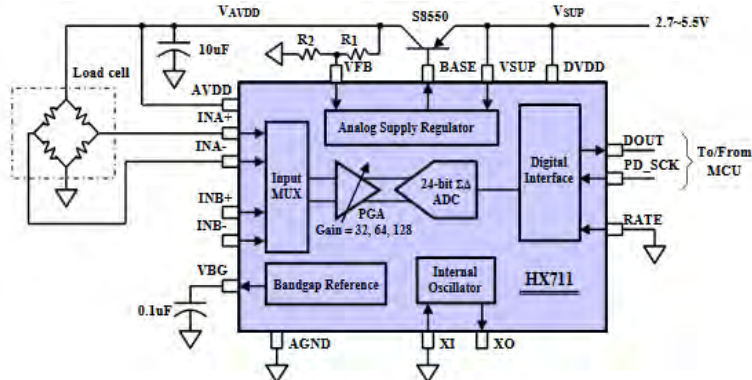
#### 2.4.2 Modul HX711

Berdasarkan teknologi yang dipatenkan oleh Semikonduktor Avia, HX711 merupakan sebuah ADC 24-bit yang didesain untuk timbangan berat dan beberapa aplikasi kontrol di industri yang langsung antarmuka dengan sensor yang memiliki konfigurasi *bridge*.

Multiplexer memilih input dari diferensial kanal A atau B untuk diteruskan ke *Programmable Gain Amplifier (PGA)* yang memiliki *noise* kecil. Kanal A dapat diprogram dengan penguatan 128 atau 64, sesuai dengan tegangan input diferensial skala penuh  $\pm 20$  mV atau  $\pm 40$  mV pada saat sumber 5 V dihubungkan ke pin analog AVDD. Kanal B memiliki penguatan tetap yaitu 32.

*On-chip power supply* regulator tersedia, sehingga tidak memerlukan lagi regulator dari luar *chip*. Hal ini guna menyediakan sumber tegangan untuk ADC dan sensor. Masukan *clock* dapat dari

sumber *external clock*, kristal, atau dari osilator yang ada dalam *chip* yang mana tidak membutuhkan komponen dari luar. Rangkaian dalam *chip power-on-reset* menyederhanakan inisialisasi antarmuka digital.



**Gambar 2.11** Diagram Blok HX711 untuk Pengukuran Berat [17]

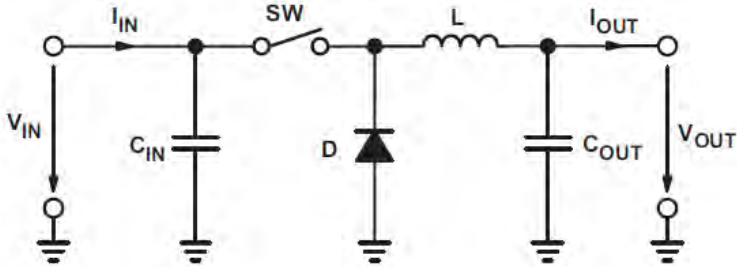
Adapun fitur-fitur dari HX711 antara lain:

- Dua kanal masukan diferensial yang dapat dipilih
- *On-chip* PGA aktif *noise* rendah dengan penguatan yang dapat dipilih 32, 64, dan 128
- *On-chip* regulator *power supply* untuk *load cell* dan analog *power supply* ADC
- *On-chip* osilator tidak membutuhkan komponen luar lainnya
- *On-chip power-on-reset*
- Digital kontrol dan antarmuka serial yang mudah
- Dapat dipilih 10SPS atau 80SPS untuk keluaran *data rate*
- Secara bersamaan meredam *noise* pada frekuensi 50 dan 60 Hz
- Konsumsi arus termasuk *on-chip* regulator *power supply*:  
Normal < 1.5 mA, daya lemah < 1 uA
- Rentang sumber tegangan: 2.6 ~ 5.5 V
- Rentang suhu: -40 ~ +85° C

## 2.5 Buck Converter

Gambar 2.12 menunjukkan konfigurasi dasar dari *buck converter* dimana saklar terintegrasi dengan IC (*Integrated Circuit*). Beberapa konverter memiliki dioda yang digantikan oleh saklar kedua yang diintegrasikan ke konverter (konverter sinkron). Ada beberapa parameter yang penting dalam konverter ini, diantaranya adalah rentang

tegangan masukan ( $V_{IN(min)}$  dan  $V_{IN(max)}$ ), nominal tegangan keluaran ( $V_{OUT}$ ), arus keluaran maksimum ( $I_{OUT(max)}$ ), dan IC yang digunakan untuk membuat *buck converter*. Jika parameter-parameter ini diketahui, tingkat daya dapat dihitung.



**Gambar 2.12** Konfigurasi Dasar *Buck Converter* [18]

Langkah pertama untuk menghitung arus saklar adalah untuk menentukan *duty cycle* ( $D$ ), untuk tegangan masukan maksimum. Tegangan masukan maksimum digunakan karena ini mengarah ke arus saklar maksimum.

$$\text{Maks Duty Cycle: } D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN(max)} \cdot \eta} \quad (2.8)$$

dimana  $\eta$  adalah efisiensi dari konverter yg berkisar  $\pm 90\%$ . Efisiensi ditambahkan pada perhitungan *duty cycle*, karena konverter juga harus mengirimkan energi yang hilang. Perhitungan ini lebih realistis daripada hanya rumus tanpa faktor efisiensi.

Langkah selanjutnya menghitung arus saklar maksimum untuk menentukan arus riak (*ripple*) induktor. Berikut persamaannya:

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN(max)} - V_{OUT}) \cdot D}{f_s \cdot L} \quad (2.9)$$

dimana  $\Delta I_L$  adalah arus riak induktor,  $V_{IN(max)}$  adalah tegangan masukan maksimum, tegangan  $V_{OUT}$  adalah tegangan keluaran yang diinginkan,  $D$  adalah *duty cycle* dari persamaan (2.8),  $f_s$  adalah frekuensi saklar minimum dari konverter, dan  $L$  adalah nilai induktor yang dipilih.

Langkah berikutnya adalah menentukan induktor yang digunakan. Pada umumnya, makin kecil nilai induktor, maka semakin kecil ukuran penyelesaiannya. Dengan catatan induktor harus selalu mempunyai arus rating lebih tinggi daripada arus maksimum. Berikut persamaannya:

$$L = \frac{V_{OUT}(V_{IN}-V_{OUT})}{\Delta I_L \cdot f_s \cdot V_{IN}} \quad (2.10)$$

dimana  $V_{IN}$  adalah tegangan masukan khusus,  $V_{OUT}$  adalah tegangan keluaran yang diinginkan,  $f_s$  adalah frekuensi saklar minimum dari konverter, dan  $\Delta I_L$  adalah perkiraan arus riak induktor. Perkiraan yang baik untuk nilai arus riak induktor adalah 20 – 40% dari arus keluaran.

$$\Delta I_L = (0,2 \text{ to } 0,4) \times I_{OUT(max)} \quad (2.11)$$

dimana  $\Delta I_L$  adalah perkiraan arus riak induktor dan  $I_{OUT(max)}$  adalah arus keluaran maksimum yang diperlukan dalam aplikasi.

## 2.6 LCD 16x2

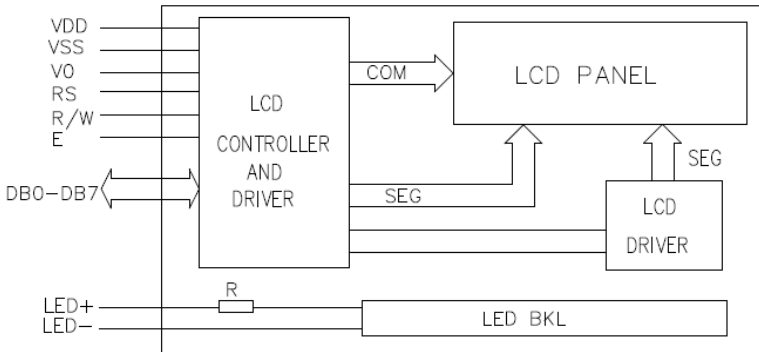
LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan sebuah perangkat elektronik yang mampu menampilkan beragam karakter sesuai yang diinginkan. Pada LCD 16x2 dapat menampilkan 16 karakter tiap baris dan terdapat 2 baris. Pada LCD ini setiap karakter ditampilkan dalam 5x7 piksel matriks. Pada LCD ini memiliki 2 register yaitu register *Command* dan *Data*.

Register *command* menyimpan instruksi perintah yang diberikan pada LCD, seperti perintah untuk melakukan inisialisasi, *clearing screen*, mengatur posisi kursor, dan lain sebagainya. Register data menyimpan data yang akan ditampilkan pada LCD. Data tersebut merupakan nilai ASCII dari karakter yang akan ditampilkan. Gambar 2.13 menunjukkan diagram blok LCD 16x2 secara sederhana.

LCD dapat bekerja dalam 2 mode yang berbeda, yaitu mode 4-bit dan mode 8-bit. Dalam mode 4-bit, maka 2 *nibble* data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB kemudian 4-bit LSB dengan pulsa *clock* EN setiap *nibble*). Satu *nibble* mewakili 4-bit, jadi *nibble* pertama adalah D0-D3 dan *nibble* kedua adalah D4-D7. Dimana jika menggunakan mode 8-bit data yang dikirimkan dapat langsung dalam satu langkah karena menggunakan semua 8 jalur data. Pada mode ini pengiriman data lebih cepat, namun membutuhkan 8 jalur data yang mana terhubung pada mikrokontroler. Hal ini membuat



kehabisan pin I/O pada mikrokontroler, sehingga mode 8-bit ini jarang digunakan. Pada tabel 2.4 menunjukkan antarmuka pin pada LCD 16x2.



**Gambar 2.13** Diagram Blok LCD 16x2 [19]

**Tabel 2.4** Antarmuka Pin pada LCD 16x2 [19]

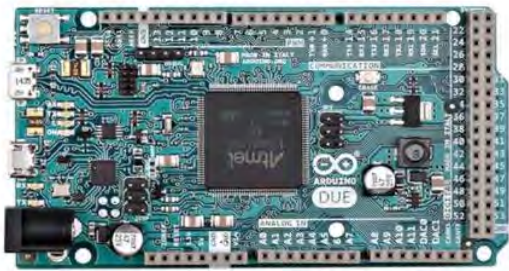
| Pin No. | Simbol          | Fungsi   |
|---------|-----------------|--|
| 1       | V <sub>SS</sub> | Sinyal <i>Ground</i> LCD                               |
| 2       | V <sub>DD</sub> | Catu daya logika untuk LCD                             |
| 3       | V <sub>O</sub>  | Pengatur kontras                                       |
| 4       | RS              | Sinyal register <i>select</i>                          |
| 5       | R/W             | <i>Read/Write</i> register LCD                         |
| 6       | E               | Operasi (data <i>read/write</i> ) sinyal <i>enable</i> |
| 7~10    | DB0~DB3         | Data I/O 4-bit pertama                                 |
| 11~14   | DB4~DB7         | Data I/O 4-bit kedua                                   |
| 15      | LED+            | Catu daya untuk BKL (Vcc)                              |
| 16      | LED-            | Catu daya untuk BKL (Gnd)                              |

## 2.7 Arduino Due

Arduino Due merupakan papan Arduino 32-bit yang pertama kali menggunakan inti mikrokontroler Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Dengan 54 pin digital input/output, 12 analog input, 4 UART (hardware serial port), memiliki clock 84 MHz, kompatibel dengan USB OTG, 2 DAC (digital to analog), 2 TWI, sebuah power jack (jack DC), sebuah header SPI, header JTAG, sebuah tombol reset, dan tombol hapus.

Tidak seperti papan Arduino lainnya, papan Arduino Due beroperasi pada tegangan 3,3V. Tegangan maksimum pada pin I/O yang dapat ditoleransi adalah 3,3V. Menggunakan tegangan yang lebih dari 3,3V pada pin I/O dapat menyebabkan kerusakan pada papan. Gambar 2.14 menunjukkan bentuk fisik Arduino Due.

Arduino Due dapat menggunakan sumber tegangan melalui USB konektor atau dengan sumber tegangan eksternal. Sumber tegangan eksternal (non-USB) dapat melalui adaptor AC-to-DC atau baterai. Adaptor dapat disambungkan melalui power jack DC. Sedangkan baterai dapat dihubungkan ke pin Vin dan Gnd. Papan ini dapat beroperasi dengan sumber eksternal dari 6 – 20Volt. Jika disuplai kurang dari 7V, namun, pin 5V mungkin disuplai kurang dari 5V maka papan mungkin mengalami ketidakstabilan.



**Gambar 2.14** Arduino Due [15]

Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator mungkin akan mengalami *overheat* dan dapat merusak papan. Rekomendasi tegangan yang digunakan adalah 7 – 12V. Tabel 2.5 menjelaskan spesifikasi teknologi dari Arduino Due.

**Tabel 2.5** Spesifikasi Arduino Due [15]

|                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Mikrokontroler               | AT91SAM3X8E                           |
| Tegangan operasi             | 3.3 V                                 |
| Tegangan input (rekomendasi) | 7-12 V                                |
| Tegangan input (batasan)     | 6-16 V                                |
| Pin digital I/O              | 54 (dimana 12 menyediakan output PWM) |
| Pin analog input             | 12                                    |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Pin analog output                   | 2 (DAC)                                       |
| Total arus DC output pada semua I/O | 130 mA  |
| Arus DC untuk pin 3.3 V             | 800 mA  |
| Arus DC untuk pin 5 V               | 800 mA  |
| Flash memory                        | 512 KB semua tersedia untuk pengguna aplikasi |
| SRAM                                | 96 KB (dua bank: 64 KB dan 32 KB)             |
| Kecepatan <i>clock</i>              | 84 MHz  |
| Panjang                             | 101.52 mm                                     |
| Lebar                               | 53.3 mm                                       |
| Berat                               | 36 gram                                       |

## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini akan menjelaskan mengenai perancangan sistem yang meliputi arsitektur sistem, perancangan mekanik, perancangan elektronik, perancangan perangkat lunak, serta desain kontrol dan kesiapan alat. Pada gambar 3.1 merupakan realisasi alat sortir biji kopi secara keseluruhan.

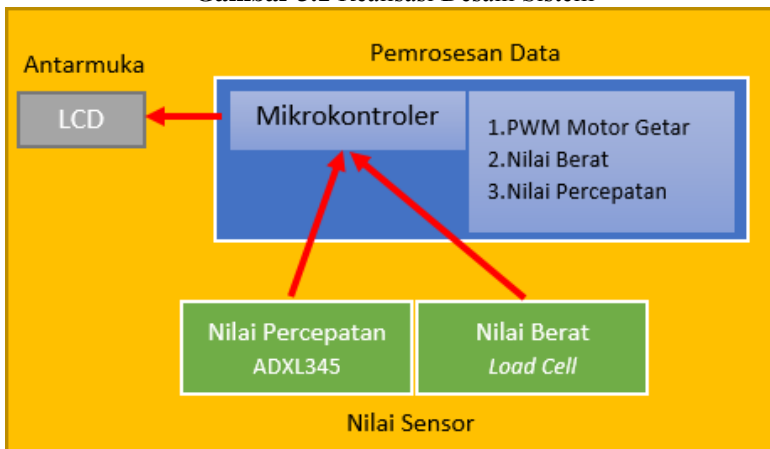
### 3.1 Arsitektur Sistem

Blok diagram dari Gambar 3.2 merupakan penyederhanaan dari sistem pengayakan biji kopi yang memanfaatkan metode getaran sebagai penelitian ini. Perencanaan sistem ini bertujuan agar alat pengayak tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Dimana dapat melakukan sortasi biji kopi, sehingga ukuran biji kopi dapat terklasifikasikan dengan baik sesuai mutu SNI. Ukuran biji kopi tersebut dibagi menjadi 3 golongan, yaitu dengan diameter lebih dari 7,5 mm untuk biji kopi ukuran besar, diameter 6,5 – 7,5 mm untuk ukuran sedang, 5,5 – 6,5 mm untuk ukuran kecil.

Sistem bekerja dengan frekuensi dan gaya getaran tertentu agar dapat memisahkan biji kopi tersebut. Untuk dapat menghasilkan getaran yang diinginkan kita harus melakukan kontrol dari gaya dan frekuensi getaran tersebut. Alat ini memiliki bagian utama, yaitu 3 buah ayakan yang memiliki lubang-lubang dengan diameter tertentu.



**Gambar 3.1** Realisasi Desain Sistem



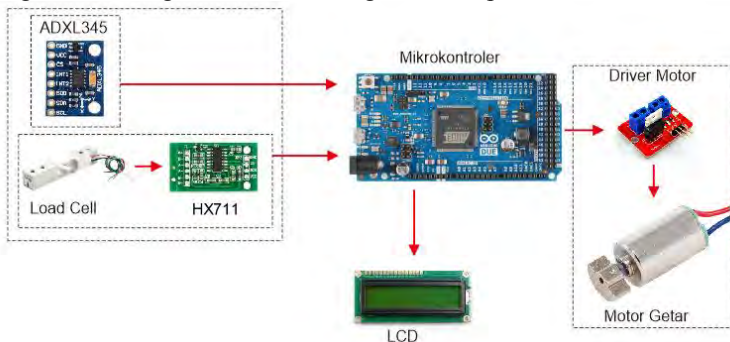
**Gambar 3.2** Diagram Blok Arsitektur Sistem

Pada alat ini terdapat beberapa bagian seperti sensor, pemroses data, dan kontrol. Pada bagian sensor terdapat dua buah sensor yaitu sensor akselero untuk data percepatan yang dihasilkan oleh getaran motor dan sensor berat untuk data berat biji kopi yang sedang diayak. Pada bagian pemroses data terdapat mikrokontroler yang berfungsi mengolah data masukan dari sensor, kemudian data olahan tersebut

digunakan untuk mengendalikan bagian kontrol. Pada bagian kontrol terdapat aktuator berupa motor getar.

Secara keseluruhan mesin sortasi ini bekerja dengan memanfaatkan putaran motor DC yang memiliki beban tak setimbang pada poros motor. Putaran motor DC tersebut mengakibatkan gaya getar, sehingga efek gaya getar tersebut juga tersalur ke mesin sortasi. Beban tak setimbang di desain berbentuk lingkaran namun dengan lubang poros berada di bagian pinggir. Dengan berat tertentu dan bahan dari besi, beban tak setimbang tersebut mampu menghasilkan getaran yang cukup besar.

Getaran dideteksi menggunakan sensor akselero, yaitu dengan cara mendeteksi percepatan getaran pada mesin sortasi yang timbul akibat putaran motor getar. Karena di setiap putaran motor menghasilkan vektor percepatan yang berbeda-beda pada 3 sumbu (x, y, z), tergantung posisi beban tak setimbang berada. Fungsi sensor ini untuk mempertahankan getaran pada nilai yang telah ditentukan (*set point*) dengan cara mengatur PWM motor getar walaupun berat beban berbeda.



**Gambar 3.3** Perancangan Sistem Elektronik

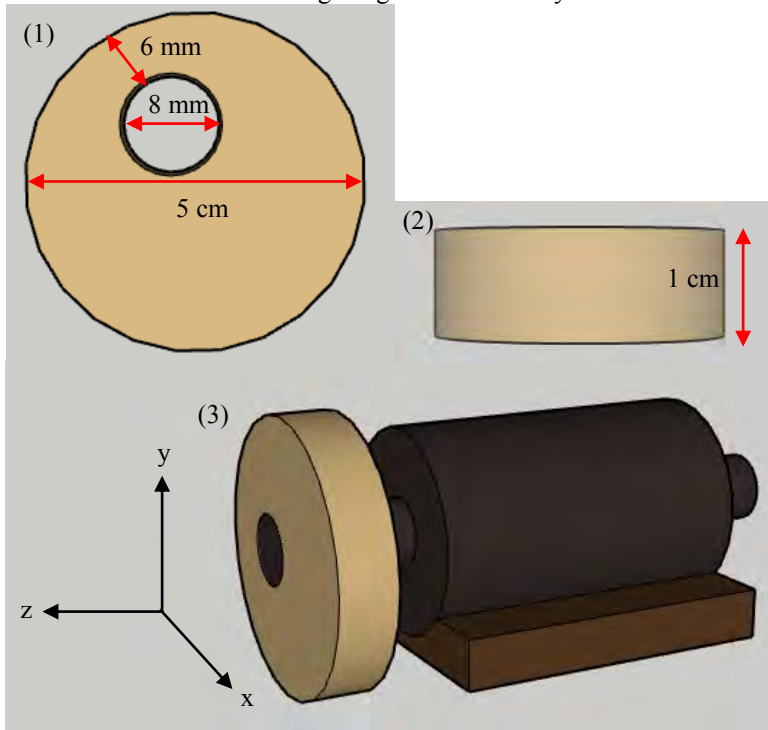
Untuk berat biji kopi yang berada pada ayakan dideteksi menggunakan sensor berat / *load cell*. Dikarenakan berat beban juga mempengaruhi getaran yang dihasilkan, maka perlu digunakan sensor berat sebagai umpan balik. Fungsi lain dari sensor berat ini untuk saklar ON / OFF. Sistem akan berjalan ketika mendeteksi adanya beban dan sistem akan mati dengan sendirinya jika tidak ada beban. Pada gambar 3.2 menunjukkan perancangan sistem perangkat elektronik yang digunakan.

### 3.2 Desain Mekanik Sistem

Desain mekanik sistem ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu desain untuk beban eksentrik / sumber getaran, desain ayakan, dan desain mekanik secara keseluruhan. Termasuk didalamnya terdapat desain mekanik penggabungan fungsi komponen-komponen elektronik seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 yaitu, sensor, *driver motor*, motor getar, mikrokontroler, dan yang lainnya. Pembuatan mekanik sistem menggunakan desain yang dibuat oleh penulis.

#### 3.2.1 Desain Motor Getar

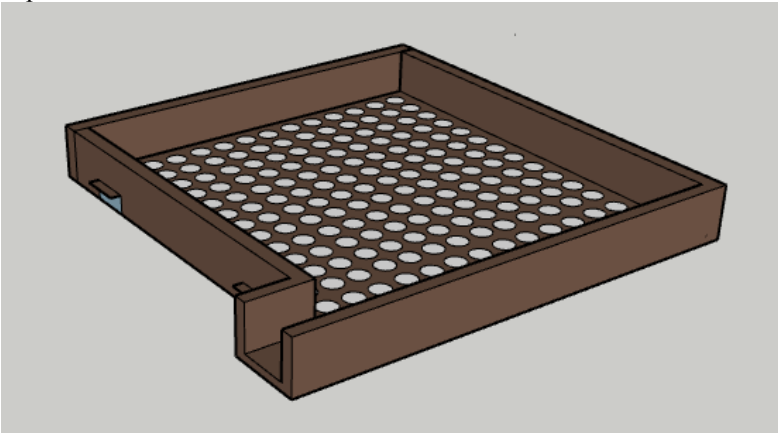
Desain beban eksentrik ditunjukkan pada gambar 3.4 yang berbentuk seperti tabung dengan diameter 5 cm dan tinggi 1 cm. Desain ini memiliki lubang berbentuk lingkaran yang memiliki diameter 8 mm pada bagian pinggir yang berfungsi untuk lubang masuknya poros motor DC. Jarak antara lubang dengan kulit terluar yaitu 6 mm.



**Gambar 3.4** Beban Eksentrik Tampak Atas (1) dan Tampak Depan (2)  
(3) Desain Motor Getar

Pada gambar 3.4 bagian (3) merupakan desain motor getar yang digunakan. Beban eksentrik / beban tak setimbang dipasang pada poros motor DC. Beban eksentrik tersebut terbuat dari logam besi dengan berat 160 gram. Desain ini digunakan sebagai sumber utama getaran yang digunakan pada alat sortir biji.

Arah putaran dari motor getar mempengaruhi arah getaran, karena gaya sentrifugal yang diberikan oleh motor getar memiliki vektor arah. Pada desain gambar 3.4, arah getaran cenderung  $360^\circ$  terhadap sumbu x dan sumbu y. Sehingga getaran yang ditimbulkan cenderung atas-bawah dan samping kanan-kiri. Dengan desain tersebut pengayakan biji kopi dapat dilakukan secara maksimal.



**Gambar 3.5** Desain Ayakan Tampak Tiga Dimensi

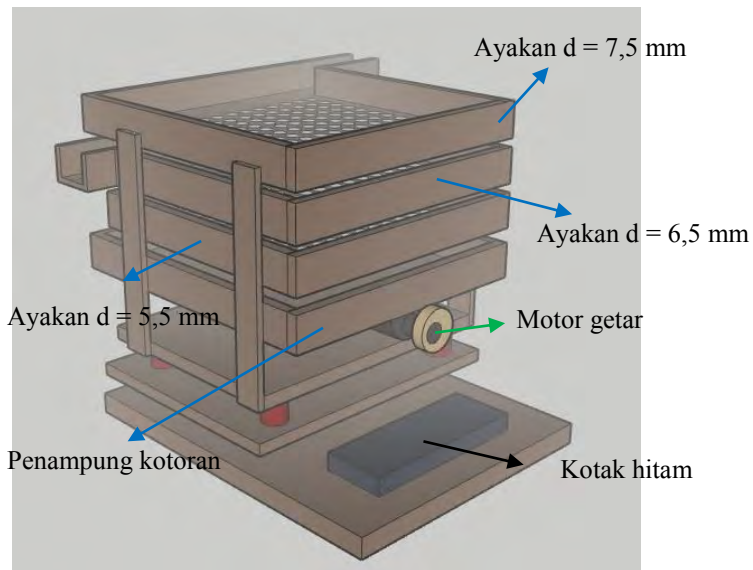
### 3.2.2 Desain Ayakan

Pada bagian ini dirancang tiga buah ayakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5. Desain tersebut memiliki panjang 30 cm, lebar 30 cm, tinggi 6 cm. Dari ketiga ayakan tersebut hanya berbeda pada desain ukuran lubang-lubang lingkarannya, yaitu ayakan pertama memiliki diameter lubang 7,5 mm, ayakan kedua memiliki diameter lubang 6,5 mm, ayakan ketiga memiliki diameter lubang 5,5 mm.

### 3.2.3 Desain Mekanik Keseluruhan

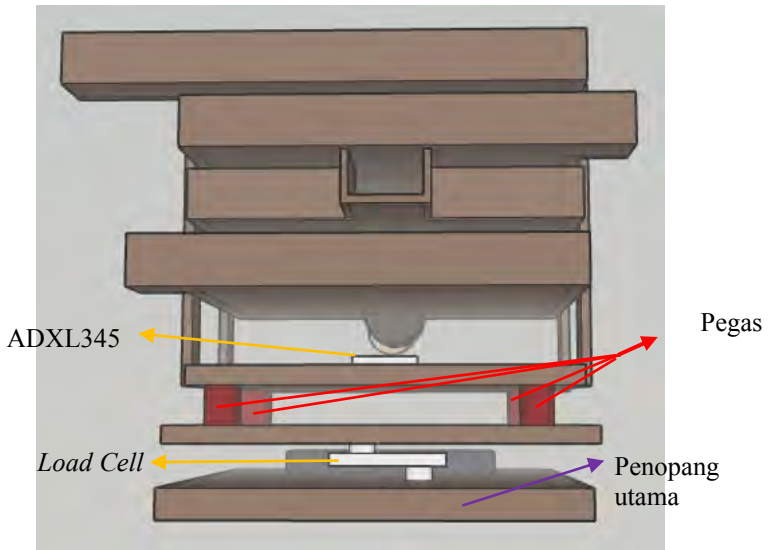
Pada bagian ini dilakukan perancangan desain mekanik secara keseluruhan. Gambar 3.6 dan gambar 3.7 menunjukkan desain mekanik secara keseluruhan. Dimana desain tersebut memiliki empat blok yang tersusun secara bertingkat. Blok pertama hingga blok ketiga merupakan ayakan biji kopi dengan diameter lubang yang berbeda di tiap bloknya. Sedangkan blok ke empat / paling bawah merupakan tempat penampung kotoran-kotoran yang mungkin melekat pada biji kopi atau yang lainnya.

Dibagian bawah blok ke empat terdapat motor getar yang melekat. Sedangkan penyangga yang berwarna merah merupakan pegas untuk menahan getaran yang dihasilkan. Terdapat kotak hitam dibagian bawah, berfungsi sebagai tempat penyimpanan komponen elektronik yang digunakan.

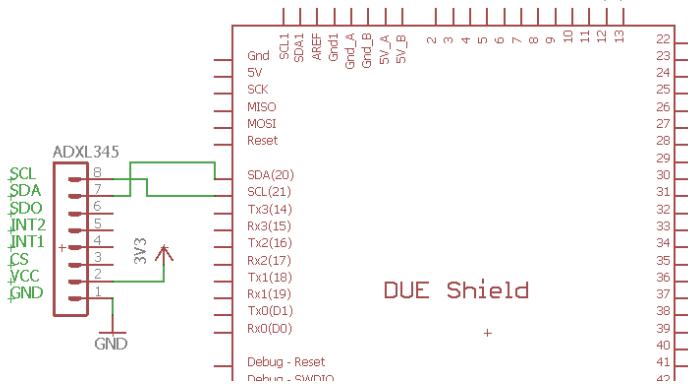


**Gambar 3.6** Desain Mekanik Secara Keseluruhan (1)





**Gambar 3.7** Desain Mekanik Secara Keseluruhan (2)



**Gambar 3.8** Koneksi Modul ADXL345 dengan Arduino Due

### 3.3 Desain Elektrik Sistem

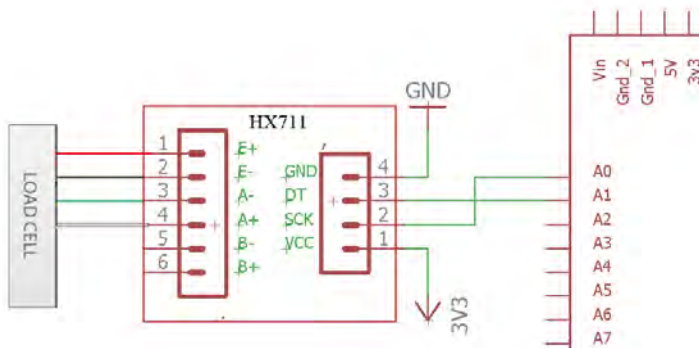
Pada bagian ini akan dilakukan perancangan beberapa komponen elektrik yang digunakan dalam sistem. Adapun diantaranya adalah perancangan sensor ADXL345, sensor berat, modul HX711, *driver motor*, dan LCD.

### 3.3.1 Perancangan Sensor Akselero ADXL345

ADXL345 menggunakan komunikasi I<sup>2</sup>C yang dihubungkan pada pin SDA(20) dan SCL(21) arduino due. Untuk catu daya dihubungkan ke sumber tegangan 3,3 V yang juga dihubungkan ke arduino due. Pada gambar 3.8 menunjukkan skema jalur konfigurasi ADXL345 dengan arduino due.

### 3.3.2 Perancangan Load Cell

Pada bagian ini dilakukan perancangan *load cell* dengan menggunakan modul amplifier HX711. Tegangan keluaran yang dihasilkan *load cell* hanya berkisar mV, oleh karena itu dibutuhkan sebuah amplifier. Keluaran *load cell* terhubung pada kanal A modul HX711. Pin DT terhubung ke pin A1 arduino sedangkan pin SCK terhubung ke pin A0 arduino. Sedangkan catu daya yang digunakan pada HX711 adalah 3,3 V. Gambar 3.9 menunjukkan konfigurasi *load cell* beserta modul amplifier HX711.

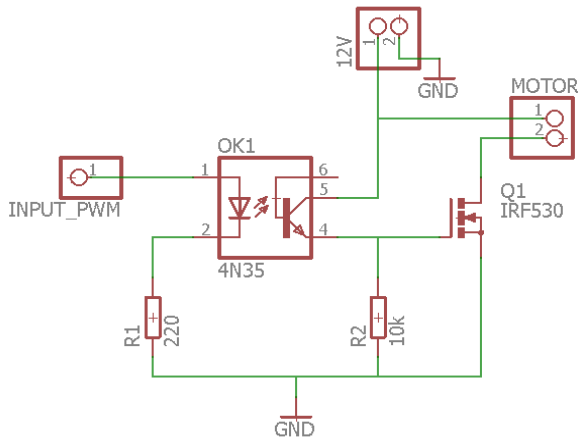


**Gambar 3.9** Konfigurasi *Load Cell* dan Modul Amplifier HX711

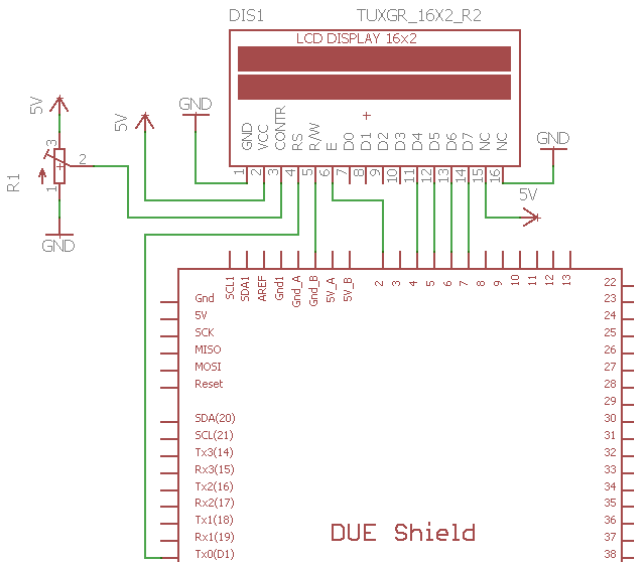
### 3.3.3 Perancangan Driver Motor

Perancangan *driver motor* ini hanya difungsikan sebagai PWM saja, jadi tidak ada konfigurasi rangkaian untuk arah putaran motor. Pada rangkaian ini memanfaatkan *optocoupler* 4N35 sebagai isolator elektrik antara mikrokontroler tegangan rendah dengan motor tegangan tinggi. Menggunakan transistor IRF530 sebagai kontrol motornya. Semakin besar tegangan V<sub>gs</sub> semakin besar tegangan yang tegangan

V<sub>ds</sub> yang mengalir. Gambar 3.10 menunjukkan konfigurasi *driver motor* yang digunakan.



**Gambar 3.10** Konfigurasi *Driver Motor*



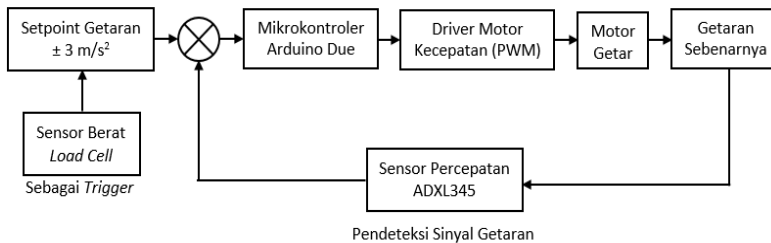
**Gambar 3.11** Konfigurasi LCD 16x2

### 3.3.4 Perancangan LCD 16x2

Modul LCD 16x2 ini merupakan antarmuka yang digunakan pada sistem. LCD ini digunakan untuk menampilkan pembacaan data percepatan 3 sumbu dan data berat. Pada gambar 3.11 menunjukkan konfigurasi LCD 16x2 dengan arduino yang digunakan.

### 3.4 Perancangan Kendali Sistem

Pada bagian ini dibahas mengenai sistem kendali yang digunakan pada alat sortasi biji kopi. Kendali tersebut berfungsi untuk mempertahankan getaran atau nilai percepatan yang dihasilkan oleh motor getar agar tetap konstan pada nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Proses kontrol dilakukan dengan cara selisih antara *setpoint* percepatan dengan percepatan yang didapatkan dari umpan balik sensor ADXL345. Kemudian mikrokontroler akan mengatur kecepatan putar motor getar agar dapat mempertahankan getaran atau nilai percepatan sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.



**Gambar 3.12** Blok Diagram Kendali Getaran

Terdapat sensor berat yang berfungsi sebagai sebagai *trigger* dari sistem, yaitu ketika alat sortir mendapatkan beban tertentu atau lebih dari yang ditentukan maka sistem akan aktif dan mengeksekusi proses kontrol tersebut, kemudian jika beban tersebut kurang dari yang ditentukan maka sistem akan mati. Pada gambar 3.12 menunjukkan blok diagram sistem kendali yang digunakan.

Dari gambar 3.12 Sensor berat digunakan sebagai pemicu untuk mengaktifkan proses kendali. Jika sensor berat membaca adanya beban sebesar 300 gram atau lebih maka proses kendali akan aktif. Jika sensor mendeteksi beban sebesar 100 – 300 gram maka kecepatan motor getar akan ditetapkan pada nilai maksimum, hal ini dikarenakan sistem tidak

dapat melakukan pengayakan dengan baik pada kondisi berat tersebut. Namun jika sensor mendeteksi beban kurang dari 100 gram maka sistem akan mati, proses kendali ini dilakukan karena terdapat beberapa biji kopi yang masih tersangkut sehingga mengakibatkan kelebihan berat yang hampir mencapai 100 gram.

Nilai *setpoint*  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  didapatkan dari nilai getaran dimana getaran tersebut dapat melakukan pengayakan secara optimal. Nilai tersebut diambil dari amplitudo terbesar nilai getaran yang terbaca oleh sensor percepatan. Dimana sensor percepatan tersebut membaca nilai getaran terhadap sumbu x sensor.

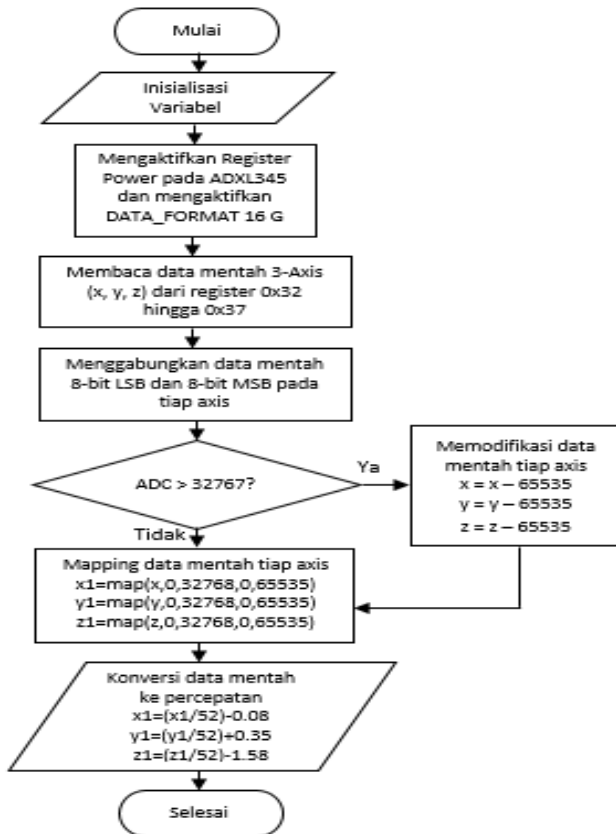
Pada dasarnya proses kendali dilakukan jika getaran yang dihasilkan berada diantara nilai  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ , maka kecepatan motor getar secara perlahan bertambah. Namun jika getaran yang dihasilkan lebih kecil atau lebih besar dari  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ , maka kecepatan motor getar secara perlahan berkurang.

### **3.5 Perancangan Perangkat Lunak**

Pada perancangan ini berfungsi untuk mengintegrasikan dan mengoperasikan modul-modul pada perangkat elektrik dengan pengguna. Perancangan ini meliputi pembacaan berat beban, pembacaan percepatan yang ditinjau dari 3 sumbu, dan kontrol getaran.

#### **3.5.1 Perangkat Lunak Sensor Akselero ADXL345**

Pada bagian ini akan menjelaskan desain perangkat lunak dari sensor akselero ADXL345. Gambar 3.13 merupakan diagram alir algoritma sensor akselero ADXL345. Dari proses inisialisasi hingga pembacaan nilai sensor dalam satuan percepatan ( $\text{m/s}^2$ ).



**Gambar 3.13** Diagram Alir Algoritma Sensor ADXL345

Modul ini menggunakan komunikasi I<sup>2</sup>C (Inter Integrated Circuit) sebagai protokolnya. Sehingga untuk membaca modul ini harus mengakses alamat dari setiap *register* yang ingin diakses. Dengan menggunakan *library* I<sup>2</sup>C yang telah disediakan arduino, inisialisasi untuk alamat I<sup>2</sup>C ADXL345 dan inisialisasi variabel untuk menampung data x, y, dan z yang akan digunakan, berikut kode tersebut:

```
#include <Wire.h>
#define I2C_add 0x53 //alamat I2C ADXL345
byte buff[6]; //variabel untuk data dari
ADXL345
```

Setelah inisialisasi, selanjutnya adalah proses mengaktifkan *register* POWER\_CTL pada ADXL345 yang memiliki alamat *register* 0x2D. Dimana jika *register* ini tidak diaktifkan maka ADXL345 juga tidak akan aktif. Kemudian selanjutnya mengaktifkan *register* DATA\_FORMAT yang memiliki alamat *register* 0x31. *Register* ini berfungsi untuk menentukan rentang percepatan yang akan digunakan yaitu 2G, 4G, 8G, atau 16G. Pada kode ini menggunakan rentang 16G yang memiliki alamat 0x0B. Dengan menggunakan protokol komunikasi I<sup>2</sup>C berikut kode yang digunakan:

```
void setup()
{
  Wire.begin();           // inisialisasi I2C
  Serial.begin(9600);     // inisialisasi UART
  // Menghidupkan POWER_CTL ADXL345
  writeTo(I2C_add, 0x2D, 0);
  writeTo(I2C_add, 0x2D, 16);
  writeTo(I2C_add, 0x2D, 8);
  // DATA_FORMAT di set hingga 16 G (160 m/s2)
  writeTo(I2C_add, 0x31, 0x0B);
}

//Menulis val ke register address pada device
void writeTo(byte device, byte address, byte val)
{
  Wire.beginTransaction(device);
  Wire.write(address);
  Wire.write(val);
  Wire.endTransmission();
}
```

Setelah *register* yang dibutuhkan telah aktif, selanjutnya adalah membaca nilai ADC untuk sumbu x, y, dan z. Tiap sumbu memiliki dua *register* yang berbeda, yaitu mewakili MSB 8-bit pertama dan LSB 8-bit kedua. Untuk sumbu x memiliki alamat *register* 0x32 dan 0x33, sumbu y memiliki alamat *register* 0x34 dan 0x35, dan sumbu z memiliki alamat *register* 0x36 dan 0x37. Setelah *register-register* tersebut diakses, selanjutnya adalah menggabungkan tiap kedua *register* untuk masing-masing sumbu. Dengan menggunakan protokol komunikasi I<sup>2</sup>C berikut kode yang digunakan:

```

void loop()
{
    int regAddress = 0x32;
    int x, y, z;
    float x1, y1, z1;
    readFrom(I2C_add, regAddress, 6, buff);

    x = (int)buff[1] << 8 | buff[0];
    y = (int)buff[3] << 8 | buff[2];
    z = (int)buff[5] << 8 | buff[4];

    //Membaca num dari register address pada device
    void readFrom(byte device, byte address, byte
        num, byte buff[])
    {
        Wire.beginTransmission(device);
        Wire.write(address);
        Wire.requestFrom(device, num);

        //Memasukan data pada register 0x32-0x37 ke
byte[6]
        byte i = 0;
        while(Wire.available())
        {
            buff[i] = Wire.read();
            i++;
        }
        Wire.endTransmission();
    }
}

```

Dikarenakan data ADC yang didapat pada rentang 0 – 32767 sebanding nilai percepatan 0 – 160 m/s<sup>2</sup> dan pada rentang 32768 – 65535 sebanding nilai percepatan -160 – 0 m/s<sup>2</sup>. Maka diperlukan modifikasi nilai ADC, sehingga pada rentang 32768 – 65535 berubah menjadi -32767 – 32767. Hal ini dilakukan agar proses konversi nilai ADC ke percepatan lebih mudah. Berikut kode yang digunakan:

```

//Memodifikasi nilai ADC sumbu x, y, z
if (x > 32767) {
    x -=65535; //x = x - 65535
}

```



```

    }
    if (y > 32767) {
        y -=65535; //y = y - 65535
    }
    if (z > 32767) {
        z -=65535; //z = z - 65535
    }
}

```

Proses selanjutnya yaitu konversi ADC ke percepatan ( $\text{m/s}^2$ ). Berikut kode yang digunakan:

```

//Konversi hasil modifikasi nilai ADC ke
percepatan
x1=map(x,0,32768,0,65535);
x1=(x1/52)-0.08;
y1=map(y,0,32768,0,65535);
y1=(y1/52)+0.35;
z1=map(z,0,32768,0,65535);
z1=(z1/52)-1.58;

//Mengirim data ke port serial
Serial.print("X= ");
Serial.print(x1);
Serial.print(" Y= ");
Serial.print(y1);
Serial.print(" Z= ");
Serial.print(z1);
Serial.println(" m/s^2");
delay(100);

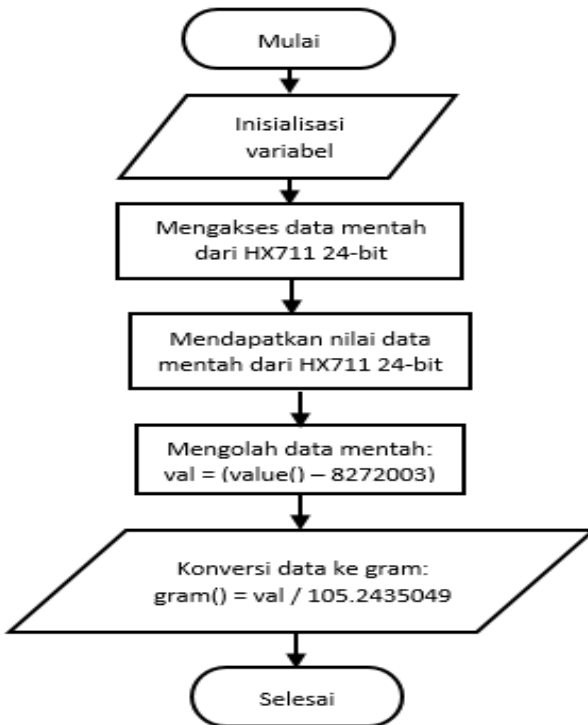
```

### 3.5.2 Perangkat Lunak Sensor Berat dan HX711

Pada prinsipnya sensor berat ini mengalami perubahan resistansi ketika diberi gaya tekanan dengan perubahan yang sangat kecil, sehingga perlu diberi tegangan referensi. Dikarenakan tegangan yang dihasilkan juga sangat kecil dalam skala mV maka diperlukan rangkaian penguat. Gambar 3.14 merupakan diagram alir algoritma dari sensor berat.

Algoritma yang telah disusun pada diagram alir, kemudian diterjemahkan ke dalam kode program. Pertama yang dilakukan adalah inisialisasi pin SCK dan DT dari HX711 untuk disambungkan ke pin arduino A0 dan A1. SCK sebagai keluaran arduino dan DT sebagai masukan arduino. Berikut kode program tersebut:

```
const int DT = A1, SC = A0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(SC, OUTPUT);
  pinMode(DT, INPUT);
}
```



**Gambar 3.14** Diagram Alir Algoritma Sensor Berat

Proses selanjutnya adalah mengakses data mentah yang dihasilkan HX711 dengan tingkat kepresisian 24-bit. Dikarenakan data yang dihasilkan data digital dan pin yang tersambung adalah analog yaitu A0 dan A1, maka diperlukan modifikasi pada program sehingga bisa terbaca secara analog. Berikut kode program tersebut:

```
long value() {
  byte data[3];
```

```

while (digitalRead(DT));
for (byte j = 3; j--;)
{
    for (char i = 8; i--;)
    {
        digitalWrite(SC, HIGH);
        bitWrite(data[j], i, digitalRead(DT));
        digitalWrite(SC, LOW);
    }
    digitalWrite(SC, HIGH);
    digitalWrite(SC, LOW);
    data[2] ^= 0x80;
    return ((uint32_t) data[2] << 16) |
           ((uint32_t) data[1] << 8) | (uint32_t)
data[0];
}

```

Setelah didapat nilai ADC, kemudian dilakukan proses konversi dari ADC menjadi gram. Proses yang pertama yaitu mencari nilai ADC ketika sensor tidak ada beban, nilai ADC terbaca 8272003 (*offset*). Berikutnya mencari nilai skala, yaitu dengan cara sensor diberi beban yang sudah diketahui beratnya kemudian diamati ADC yang terbaca. ADC tersebut bernilai 9044454 dan diketahui beban yang digunakan adalah 7340 gram. Maka skala tersebut didapat:

$$skala = \frac{(9044454 - 8272003)}{7340} = 105243,5049$$

Setelah didapat nilai skala tersebut kemudian dimasukan kedalam program, berikut kode program tersebut:

```

float gram(){
    long val = (value() - 8272003); //offset
    return (float) val / 105.2385559; //skala
}
void loop() {
    Serial.println(gram()/1000);
}

```

```

    delay(100);
}

```

### 3.5.3 Perangkat Lunak *Driver Motor* dan LCD

Perangkat *driver motor* yang didesain hanya dapat digunakan untuk pengaturan kecepatan motor. Berikut merupakan pin-pin yang terhubung pada arduino untuk *driver motor* dan LCD:

```

int motor = 3;
const int rs=1, en=2, d4=4, d5=5, d6=6, d7=7;
LiquidCrystal lcd (rs, en, d4, d5, d6, d7);

```

Secara sederhana untuk kode program dari *driver motor* dan LCD adalah sebagai berikut:

```

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(motor, OUTPUT);
    lcd.begin (16,2);
}
void loop() {
    analogWrite(motor, pwm);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(motor);
    delay(200);
    lcd.clear();}

```

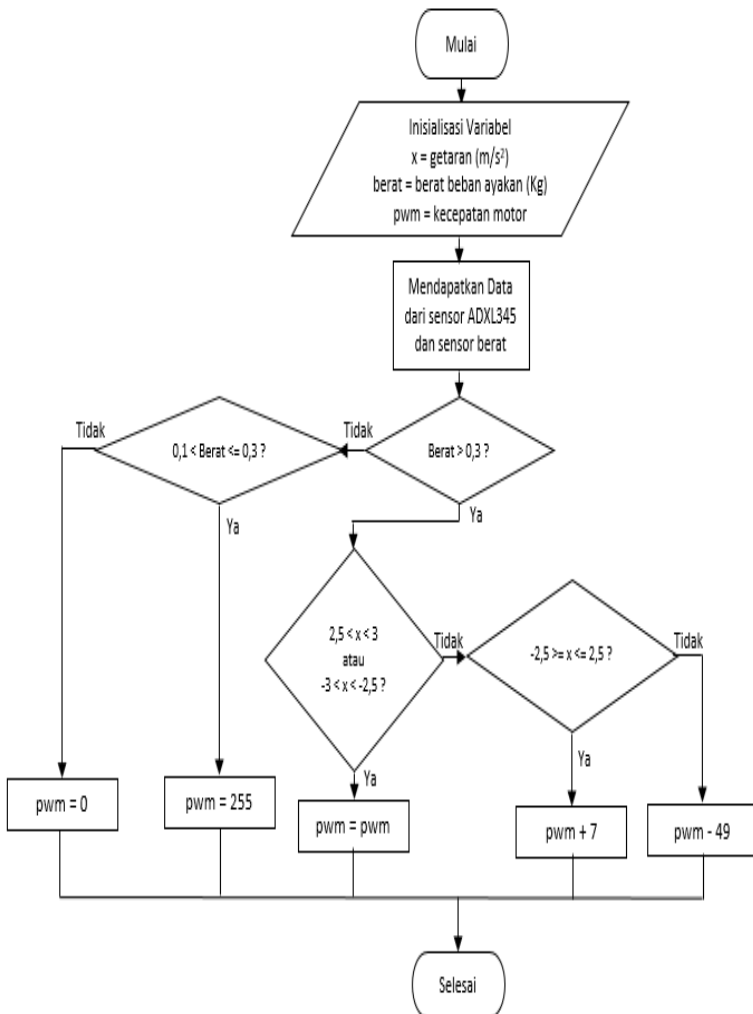
### 3.5.4 Perangkat Lunak Kontrol Getaran

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perangkat lunak yang digunakan sebagai proses kontrol getaran pada sistem secara keseluruhan. *Setpoint* getaran yang digunakan yaitu  $3 \text{ m/s}^2$  karena pada nilai tersebut getaran yang dihasilkan pada alat sortir ini optimal. Pada gambar 3.15 merupakan diagram alir algoritma dari kontrol getaran yang digunakan.

```

    if (berat > 0.30){
        if (x1 < 3 && x1 > 2.5 || x1 > -3 && x1 < -
2.5){
            pwm=pwm;
            analogWrite(motor, pwm);
        }
        if (x1 <= 2.5 && x1 >= -2.5){
            pwm += 7;
            if (pwm >=255){
                pwm = 255;
            }
            analogWrite(motor, pwm);
        }
        if (x1 >= 3 || x1 <= -3) {
            pwm -= 49;
            if (pwm <= 110){
                pwm = 110;
            }
            analogWrite(motor, pwm);
        }
    }
}
if (berat <= 0.3 && berat > 0.1){
    pwm = 255;
    analogWrite(motor, pwm);
}
if (berat <= 0.1){
    pwm = 0;
    analogWrite(motor, pwm);
}

```



**Gambar 3.15** Diagram Alir Algoritma Kontrol Getaran

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN SISTEM**

Pada bab ini menjelaskan tentang pengujian dan pembahasan sistem dari rancangan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian sensor berat, sensor ADXL345, pengujian sistem terintegrasi yang meliputi pengujian getaran terhadap perubahan kecepatan motor getar, pengujian getaran terhadap perubahan beban, dan pengujian kontrol getaran.

#### **4.1 Pengujian Sensor Berat**

Pengujian sensor berat dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor berat dengan timbangan digital yang digunakan sebagai acuan. Pada gambar 4.1 menunjukkan bagaimana pengujian sensor berat dilakukan. Pada gambar tersebut terdapat penopang beban yang terbuat dari akrilik yang dikaitkan pada sensor berat. Sehingga jika semakin berat beban yang diberikan maka sensor berat mengalami *strain*.

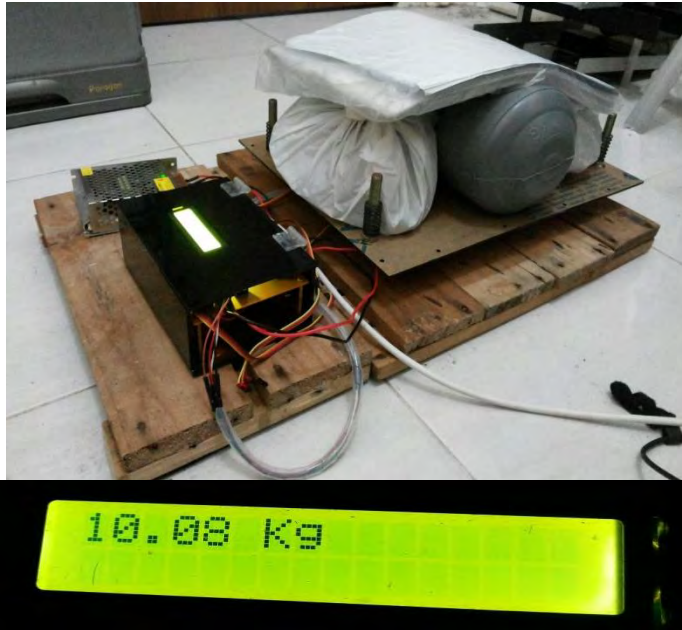
Pengambilan data dimulai dari berat 5 Kg hingga 19 Kg dengan kenaikan beban tiap 1 Kg. Pengambilan data juga dilakukan pada tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor berat. Pada tabel 4.1 menunjukan hasil pengujian tersebut. Setelah didapatkan data hasil pengujian kemudian dicari nilai *error* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Error\ Absolut = |Nilai\ Pengukuran - Nilai\ Sebenarnya| \quad (4.1)$$

$$Error\ Relatif = \frac{Error\ Absolut}{Nilai\ Sebenarnya} \times 100\% \quad (4.2)$$

Dari persamaan diatas kita dapat mengetahui nilai *error absolut* dan *error relatif*. Dimana *error* memiliki nilai yang mutlak positif dan dapat dijadikan dalam satuan persen untuk mempermudah dalam proses analisa.





**Gambar 4.1** Pengujian Sensor Berat dengan Beban 10 Kg

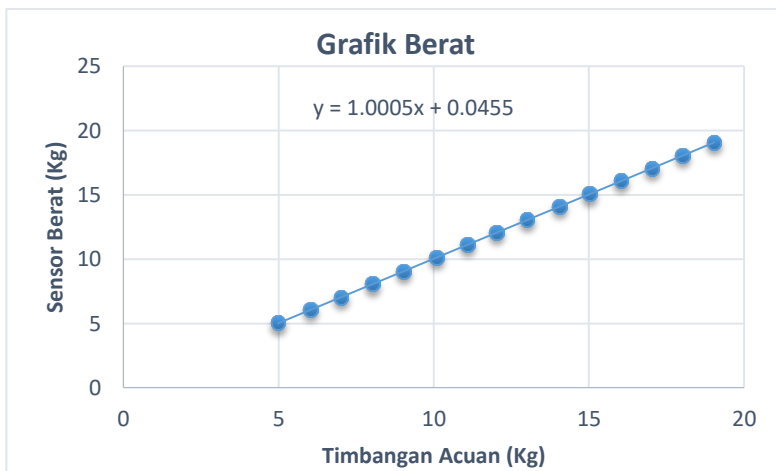
Dari tabel 4.1 menunjukkan bahwa *error* hasil pengukuran dari perbandingan sensor berat dengan timbangan acuan memiliki presentasi *error* yang sangat kecil yaitu sekitar 0,2 – 1 %. *Error* terjadi dikarenakan penentuan nilai *offset* ADC yang kurang presisi, hal itu disebabkan ADC yang terbaca tidak stabil. Untuk  $V_{out}$  yang terukur pada sensor cukup linear, namun pada saat perubahan berat di 9 – 10 Kg dan 14 – 15 Kg kenaikan tegangan yang dihasilkan yaitu 0,2 mV. Pada gambar 4.2 menunjukkan grafik linieritas hasil dari pengujian sensor berat yang mendekati linear, ini dibuktikan dengan presentasi *error* yang kecil. Didapat nilai persamaan garis pada grafik tersebut adalah:

$$y = 1,0005x + 0,0455 \quad (4.3)$$

Persamaan diatas menunjukkan hasil dari sensor berat mendekati nilai linier, ini dibuktikan dengan hasil persamaan linier dengan nilai x dan konstanta yang kurang dari 5.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Sensor Berat

| Timbangan Acuan<br>(Kg) | Sensor Berat<br>(Kg) | Vout (mV) | Error<br>(%) |
|-------------------------|----------------------|-----------|--------------|
| 4,98                    | 5,05                 | 0,5       | 1,004016     |
| 6,02                    | 6,08                 | 0,6       | 0,996678     |
| 7,01                    | 7,05                 | 0,7       | 0,570613     |
| 8,02                    | 8,06                 | 0,8       | 0,498753     |
| 9,03                    | 9,07                 | 0,9       | 0,442968     |
| 10,10                   | 10,08                | 1,1       | 0,29505      |
| 11,09                   | 11,16                | 1,2       | 0,631199     |
| 12,02                   | 12,08                | 1,3       | 0,499168     |
| 13,01                   | 13,06                | 1,4       | 0,38432      |
| 14,05                   | 14,10                | 1,5       | 0,355872     |
| 15,02                   | 15,05                | 1,7       | 0,332889     |
| 16,03                   | 16,09                | 1,8       | 0,374298     |
| 17,04                   | 17,09                | 1,9       | 0,293427     |
| 18,02                   | 18,07                | 2,0       | 0,277469     |
| 19,04                   | 19,10                | 2,1       | 0,315126     |



**Gambar 4.2** Grafik Linieritas Sensor Berat

## 4.2 Pengujian Sensor ADXL345

Pengujian sensor percepatan ADXL345 ini dilakukan seperti yang terlihat pada gambar 4.3, yaitu dengan cara menempelkan ADXL345 pada alat ukur acuan (menggunakan *smartphone*) dengan posisi yang sejajar dan disesuaikan dengan sumbu x, y, z yang ada pada ADXL345 dengan alat ukur acuan. Kemudian ADXL345 yang telah ditempelkan pada alat ukur diputar-putar pada sudut tertentu kemudian dicatat nilai percepatan yang dihasilkan. Dengan menggunakan penggaris 360°, pengujian dilakukan pada sudut 0° hingga 360° dengan kenaikan tiap 45°.

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan percepatan gravitasi bumi yaitu sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$  atau 1 G. Kemudian tiap sumbu (x, y, z) dari sensor di uji dengan mengubah-ubah arah vektor percepatannya, dengan berpatokan arah percepatan gravitasi yaitu menuju ke bumi (kebawah). Jika arah sensor berlawanan dengan arah gravitasi bumi maka percepatan yang dihasilkan seharusnya  $9,8 \text{ m/s}^2$  sedangkan jika searah bernilai  $-9,8 \text{ m/s}^2$ . Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian sensor ADXL345 dengan sudut putar 360°.



**Gambar 4.3** Pengujian Sensor Percepatan ADXL345

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian ADXL345 Terhadap Perubahan Sudut

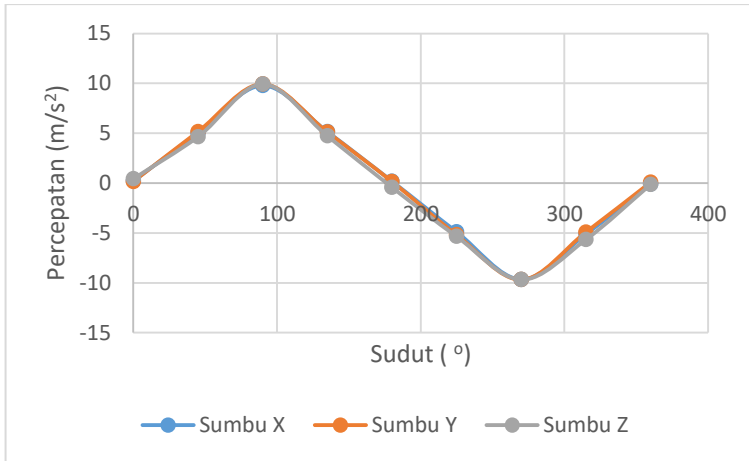
| Sudut<br>(°) | Alat Ukur Acuan (m/s <sup>2</sup> ) |       |       | Sensor ADXL345 (m/s <sup>2</sup> ) |       |       |
|--------------|-------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|
|              | x                                   | y     | z     | x                                  | y     | z     |
| 0            | 0,11                                | 0,12  | 0,03  | 0,20                               | 0,16  | 0,43  |
| 45           | 5,01                                | 5,04  | 5,03  | 5,04                               | 5,16  | 4,64  |
| 90           | 9,84                                | 9,83  | 9,83  | 9,78                               | 9,93  | 9,92  |
| 135          | 5,09                                | 5,03  | 5,04  | 5,15                               | 5,12  | 4,73  |
| 180          | 0,07                                | 0,03  | 0,02  | 0,19                               | 0,16  | -0,42 |
| 225          | -5,04                               | -5,02 | -5,02 | -4,89                              | -5,19 | -5,35 |
| 270          | -9,78                               | -9,82 | -9,83 | -9,66                              | -9,69 | -9,68 |
| 315          | -5,03                               | -5,02 | -5,06 | -5,12                              | -4,92 | -5,66 |
| 360          | -0,03                               | -0,05 | -0,09 | -0,10                              | 0,08  | -0,14 |

**Tabel 4.3** Tingkat *Error* Hasil Pengujian ADXL345

| Sudut<br>(°) | <i>Error Relatif</i> |          |          |
|--------------|----------------------|----------|----------|
|              | x                    | y        | z        |
| 0            | 0,818182             | 0,333333 | 13,33333 |
| 45           | 0,005988             | 0,02381  | 0,07753  |
| 90           | 0,0061               | 0,010173 | 0,03408  |
| 135          | 0,011788             | 0,017893 | 0,06151  |
| 180          | 1,714286             | 4,333333 | 20       |
| 225          | 0,02976              | 0,033865 | 0,065737 |
| 270          | 0,01227              | 0,01324  | 0,070796 |
| 315          | 0,017893             | 0,01992  | 0,118577 |
| 360          | 2,333333             | 2,6      | 0,555556 |

Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa percepatan yang dihasilkan oleh ADXL345 tidak terlalu jauh dibandingkan dengan alat ukur acuan, setiap perubahan sudut 45° mengalami perubahan percepatan  $\pm 5 \text{ m/s}^2$ .

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa tingkat *error* yang dihasilkan tidak terlalu tinggi. Pada sudut 0°, 180°, dan 360° terjadi *error* yang sangat tinggi, hal itu dikarenakan rumus *error* relatif memiliki nilai pembanding yang sangat tinggi ketika berada pada nilai nol. Namun *error* tersebut tidak berdampak pada hasil pengujian.



**Gambar 4.4** Grafik ADXL345 Terhadap Perubahan Sudut

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa hasil pengujian sesuai dengan teori yaitu ketika sudut  $90^\circ$  (searah dengan arah gravitasi bumi) percepatan yang dihasilkan mendekati  $9,8 \text{ m/s}^2$  untuk tiap sumbu. Sedangkan pada sudut  $270^\circ$  (berlawanan dengan arah gravitasi bumi) percepatan yang dihasilkan mendekati  $-9,8 \text{ m/s}^2$  untuk tiap sumbu.

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa ketiga sumbu memiliki linearitas yang cukup tinggi. Nilai *error* yang sangat tinggi pada sudut  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ , dan  $360^\circ$  tidak berpengaruh pada tingkat linearitas sensor. Hal itu dibuktikan dengan nilai persamaan garis linieritas yang didapat bahwa nilai  $x$  dan konstanta yang kurang dari 5 pada tiap sumbu. Berikut persamaan garis yang didapat, untuk sumbu x:

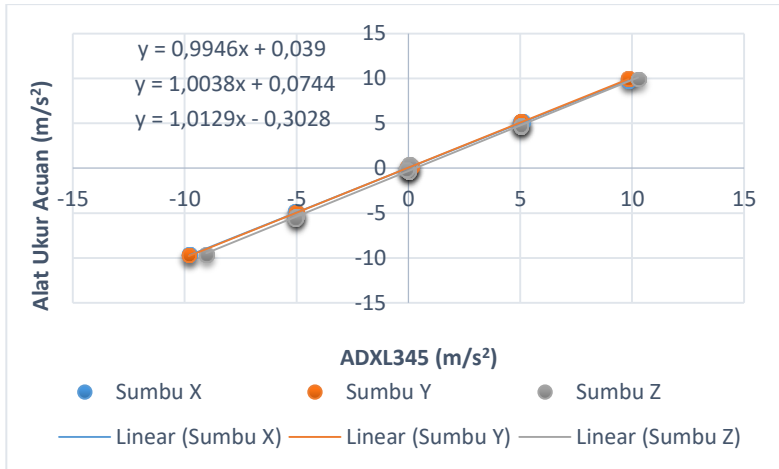
$$y = 0,9946x + 0,039 \quad (4.4)$$

untuk sumbu y:

$$y = 1,0038x + 0,0744 \quad (4.5)$$

untuk sumbu z:

$$y = 1,0129x - 0,3028 \quad (4.6)$$



**Gambar 4.5** Grafik Linearitas Sensor ADXL345

### 4.3 Pengujian Kecepatan Motor

Pengujian ini dilakukan guna untuk mendapatkan perbandingan nilai kecepatan motor ketika motor diberi beban eksentrik dan tanpa beban eksentrik. Pengujian dilakukan seperti yang terlihat pada gambar 4.6, yaitu dengan memberikan sinyal PWM dari mikrokontroler ke *driver motor*. Besar tegangan yang masuk ke motor berbanding lurus dengan besar *duty cycle* yang dimiliki oleh sinyal PWM. Tegangan referensi motor yang dikontrol oleh PWM yaitu 12 Volt.

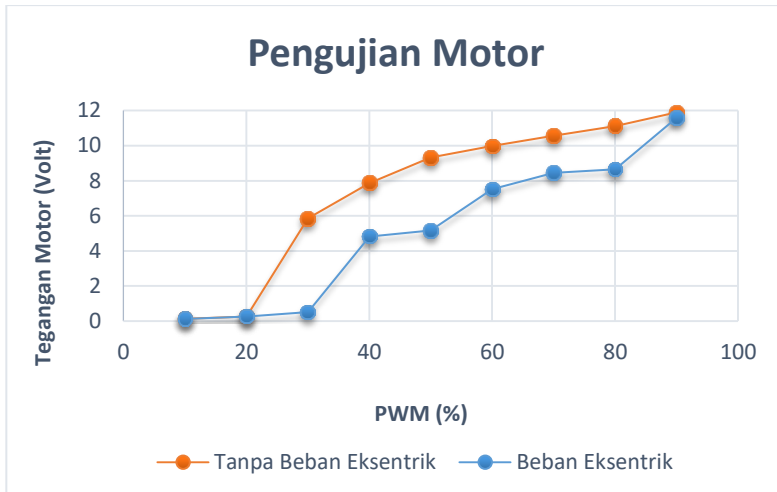
Pada tabel 4.4 merupakan hasil pengujian perbandingan kecepatan motor dengan beban eksentrik dan tanpa beban eksentrik. Pada tabel menunjukkan terdapat perbedaan nilai tegangan, hal itu terjadi mulai dari PWM sama dengan 30% hingga 80%.



**Gambar 4.6** Uji Motor Tanpa Beban Eksentrik PWM = 50%

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Kecepatan Motor

| PWM Motor (%) | Tegangan Motor               |                        |
|---------------|------------------------------|------------------------|
|               | Tanpa Beban Eksentrik (Volt) | Beban Eksentrik (Volt) |
| 10            | 0,13                         | 0,12                   |
| 20            | 0,26                         | 0,26                   |
| 30            | 5,85                         | 0,51                   |
| 40            | 7,87                         | 4,82                   |
| 50            | 9,32                         | 5,16                   |
| 60            | 9,98                         | 7,51                   |
| 70            | 10,56                        | 8,45                   |
| 80            | 11,12                        | 8,65                   |
| 90            | 11,89                        | 11,58                  |



**Gambar 4.7** Grafik Linieritas Kecepatan Motor

Grafik pada gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian kecepatan motor mengalami ketidaklinieritasan yang cukup tinggi. Dapat disimpulkan bahwa motor membutuhkan daya yang lebih besar untuk dapat berputar ketika diberi beban eksentrik. Dengan kata lain, torsi yang dimiliki motor tidak cukup besar untuk dapat mengangkat beban tersebut sehingga motor mengalami penurunan kinerja.

#### 4.4 Pengujian Sistem Terintegrasi

Pengujian ini adalah pengujian yang dilakukan pada sistem yang sudah terintegrasi komponen satu dengan komponen yang lainnya. Pengujian ini dilakukan guna untuk optimasi sistem kontrol yang digunakan. Pengujian tersebut meliputi pengujian getaran terhadap perubahan PWM, pengujian getaran getaran terhadap perubahan beban, dan pengujian kontrol getaran.

##### 4.4.1 Pengujian Getaran Terhadap Kecepatan Motor Getar

Pengujian ini dilakukan yaitu dengan cara memasang motor getar pada alat sortir. Kemudian mengubah-ubah nilai PWM motor getar dan diamati nilai getaran yang dihasilkan yaitu dengan cara mengamati nilai percepatan yang terdeteksi pada sumbu tertentu oleh sensor percepatan ADXL345 yang telah terpasang pada alat sortir. Pengujian hanya



dilakukan terhadap percepatan pada sumbu x, karena yang digunakan sebagai parameter kontrol adalah sumbu x. Pengujian ini dilakukan tanpa menggunakan beban yang diayak.

Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian ketika PWM 50%, 75%, dan 90% dengan tegangan referensi motor getar 12 V. Pada tabel tersebut hanya diambil sebanyak 25 data, sehingga data tersebut belum mewakili nilai getaran secara akurat untuk selang waktu pengambilan data yaitu tiap 2 ms. Namun pada gambar 4.8 hingga gambar 4.10 menunjukkan grafik hasil pengujian waktu rentang hingga 2000 ms.

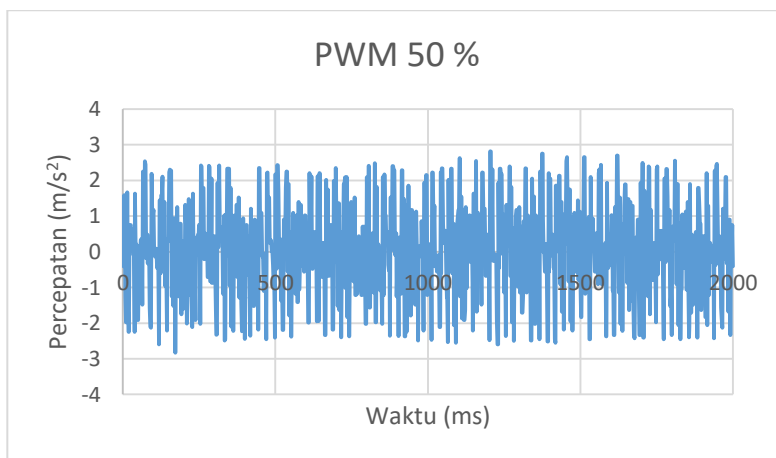
**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Getaran Terhadap Perubahan PWM

| Waktu<br>(ms) | Percepatan Sumbu X ( $\text{m/s}^2$ ) |          |          |
|---------------|---------------------------------------|----------|----------|
|               | PWM 50 %                              | PWM 75 % | PWM 90 % |
| 2             | -0,41                                 | 2,82     | 0,75     |
| 4             | 1,59                                  | 2,67     | -9,52    |
| 6             | 1,59                                  | 2,67     | -9,52    |
| 8             | -1,25                                 | 2,86     | 1,98     |
| 10            | -1,98                                 | -0,14    | 3,48     |
| 12            | -1,98                                 | -0,14    | 3,48     |
| 14            | 1,67                                  | -3,25    | -0,6     |
| 16            | -1,41                                 | -3,45    | -2,75    |
| 18            | -2,25                                 | -3,45    | -2,75    |
| 20            | -2,25                                 | -0,02    | 3,09     |
| 22            | 0,29                                  | 2,86     | 2,52     |
| 24            | 0,75                                  | 3,05     | 2,52     |
| 26            | 0,75                                  | 3,05     | -1,06    |
| 28            | 0,13                                  | -0,64    | -7,02    |
| 30            | 0,63                                  | -3,25    | -7,02    |
| 32            | 0,63                                  | -3,25    | 3,44     |
| 34            | -0,08                                 | -2,79    | 2,71     |
| 36            | -0,08                                 | 0,86     | 2,71     |
| 38            | -2,25                                 | 0,86     | -0,87    |
| 40            | 1,63                                  | 3,44     | -4,79    |
| 42            | 0,21                                  | 2,48     | -4,79    |
| 44            | 0,21                                  | 2,48     | 4,17     |
| 46            | -1,33                                 | -1,1     | 1,29     |
| 48            | -1,91                                 | -3,56    | 1,29     |
| 50            | -1,91                                 | -3,56    | -1,79    |

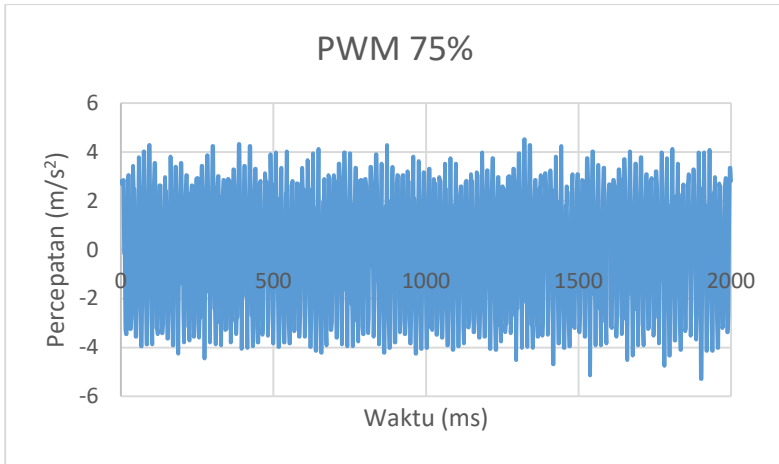
Pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa data hasil pengujian mengalami perubahan plus/minus setiap beberapa kali pengambilan data. Hal ini membuktikan bahwa putaran beban eksentrik akan mengakibatkan perbedaan vektor arah percepatan. Jika vektor arah percepatan saling berlawanan maka nilai percepatan saling berlawanan (plus / minus).

Pada gambar 4.8 merupakan hasil dari pengujian dengan nilai PWM 50 %. Grafik menunjukkan bahwa nilai amplitudo tertinggi percepatan yang dihasilkan hampir mencapai  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ . Pada grafik tampak bahwa amplitudo yang hampir mendekati  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  renggang satu sama lain. Hal itu dikarenakan rpm motor getar yang rendah, sehingga frekuensi putar dan gaya getar yang dihasilkan cenderung rendah.

Pada gambar 4.9 merupakan hasil pengujian dengan PWM 75%. Grafik menunjukkan bahwa nilai amplitudo tertinggi percepatan yang dihasilkan hingga mencapai  $\pm 4 \text{ m/s}^2$ . Pada grafik, amplitudo tersebut memiliki frekuensi dan percepatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sinyal pada gambar 4.8. Hal ini dikarenakan putaran motor getar yang lebih cepat menghasilkan gaya dan frekuensi putar yang lebih tinggi.

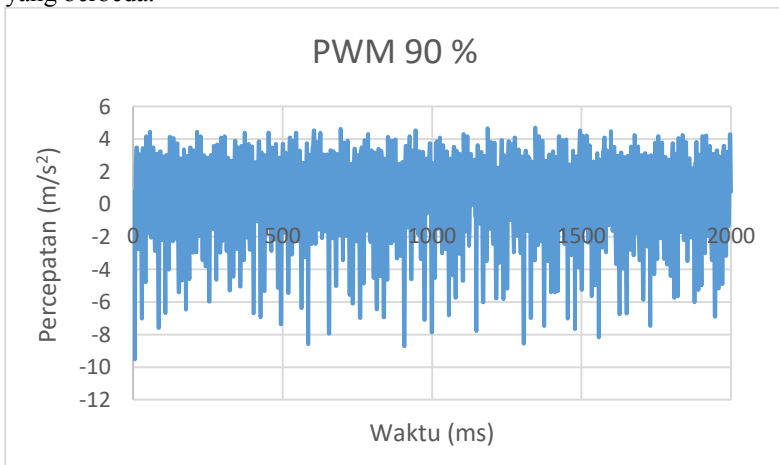


**Gambar 4.8** Grafik Hasil Pengujian pada PWM 50 %



**Gambar 4.9** Grafik Hasil Pengujian pada PWM 75 %

Pada gambar 4.10 merupakan hasil pengujian dengan PWM 90%. Pada grafik tersebut memiliki percepatan puncak (+) mencapai  $4 \text{ m/s}^2$  dan percepatan puncak (-) mencapai  $-9 \text{ m/s}^2$ . Hal ini dikarenakan putaran motor getar yang sangat cepat dan desain mekanik yang kurang sempurna sehingga puncak antara (+) dan (-) memiliki nilai percepatan yang berbeda.



**Gambar 4.10** Grafik Hasil Pengujian pada PWM 90 %

Dari ketiga grafik diatas dapat disimpulkan bahwa perubahan kecepatan pada motor getar mengakibatkan perubahan getaran dengan ditandainya kenaikan amplitudo yang terbaca pada waktu-waktu tertentu. Nilai percepatan yang dihasilkan berupa sinyal osilasi, hal ini dikarenakan nilai percepatan bergantung pada posisi beban eksentrik berada dan seberapa besar gaya yang diberikan oleh beban eksentrik tersebut.

#### **4.4.2 Pengujian Getaran Terhadap Perubahan Beban**

Pengujian dilakukan dengan cara mengubah-ubah berat beban yang diayak dan dengan kecepatan putar motor yang konstan. Pengujian dilakukan dengan nilai PWM motor 75% dengan tegangan referensi motor getar 12 V. Pengujian dilakukan dengan beban yang diayak 1 Kg, 2 Kg, dan 3 Kg. Pada gambar 4.11 menunjukkan pengujian yang sedang dilakukan dengan menggunakan beban 2 Kg. Seperti pengujian sebelumnya, tabel 4.6 hanya menampilkan hasil uji coba sebanyak 25 data dengan selang waktu tiap pengambilan data yaitu 2 ms dan data dari tabel tersebut belum mewakili nilai getaran secara akurat. Data hasil uji coba lebih akurat dapat dilihat pada gambar 4.12 hingga gambar 4.14 dengan pengambilan data hingga selang waktu 2000 ms.

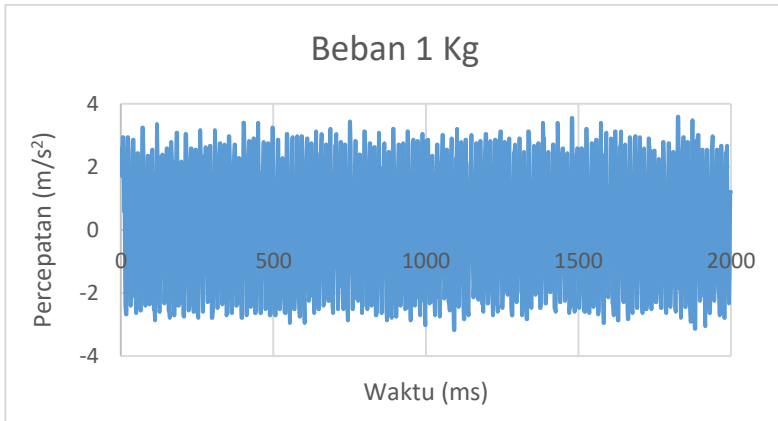


**Gambar 4.11** Pengujian Getaran dengan Beban 2 Kg

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Getaran Terhadap Perubahan Beban

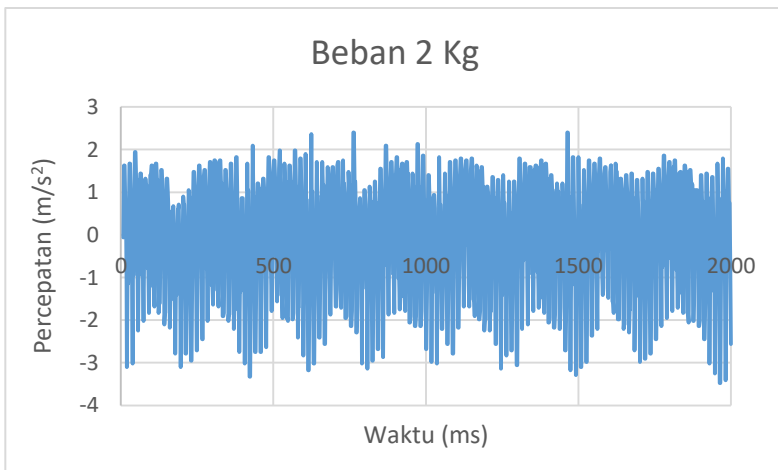
| Waktu (ms) | Percepatan Sumbu X (m/s <sup>2</sup> ) |            |            |
|------------|--|------------|------------|
|            | Beban 1 Kg                             | Beban 2 Kg | Beban 3 Kg |
| 2          | 2,59                                   | -2,56      | -0,56      |
| 4          | 1,71                                   | -3,14      | 0,79       |
| 6          | 2,94                                   | -1,18      | 0,79       |
| 8          | 2,94                                   | -0,06      | 1,09       |
| 10         | 0,59                                   | 1,63       | 0,71       |
| 12         | 0,59                                   | 1,63       | 0,71       |
| 14         | -2,33                                  | 0,75       | -1,45      |
| 16         | -2,68                                  | 0,75       | -1,02      |
| 18         | -2,68                                  | -1,06      | -1,02      |
| 20         | 0,94                                   | -3,1       | -0,18      |
| 22         | 2,94                                   | -1,14      | 1,05       |
| 24         | 2,94                                   | -1,14      | 1,05       |
| 26         | 2,48                                   | 0,29       | 1,05       |
| 28         | -1,21                                  | 1,67       | 0,52       |
| 30         | -1,21                                  | 1,67       | 0,52       |
| 32         | -2,41                                  | 0,86       | -1,64      |
| 34         | -0,83                                  | 0,86       | -0,83      |
| 36         | 1,71                                   | -0,95      | -0,83      |
| 38         | 1,71                                   | -3,02      | -0,1       |
| 40         | 2,86                                   | -0,95      | 1,25       |
| 42         | 2,86                                   | -0,95      | 1,36       |
| 44         | 0,02                                   | 0,79       | 1,36       |
| 46         | -2,1                                   | 1,94       | 0,29       |
| 48         | -2,1                                   | 1,94       | 0,29       |
| 50         | -2,64                                  | 1,29       | -0,95      |

Seperti tabel 4.5, pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa data hasil pengujian mengalami perubahan plus/minus setiap beberapa kali pengambilan data. Hal ini membuktikan bahwa putaran beban eksentrik akan mengakibatkan perbedaan vektor arah percepatan. Jika vektor arah percepatan saling berlawanan maka nilai percepatan saling berlawanan (plus / minus).

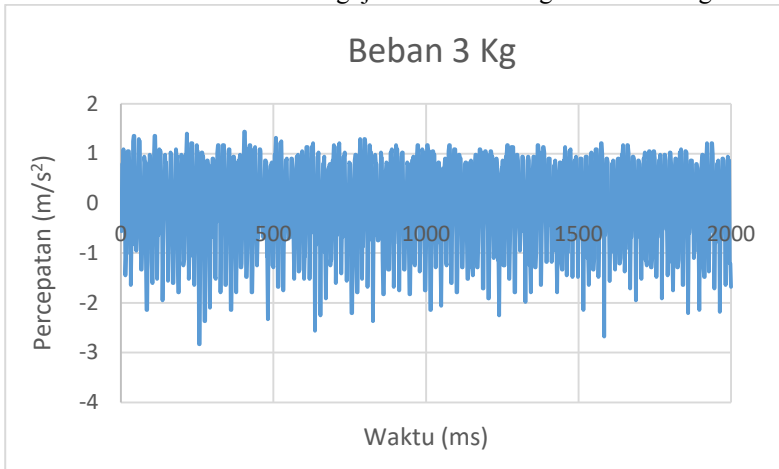


**Gambar 4.12** Hasil Pengujian Getaran dengan Beban 1 Kg

Pada gambar 4.12 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan beban 1 Kg. Grafik menunjukkan bahwa amplitudo terbesar nilai percepatan yang dihasilkan  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ . Hal ini membuktikan bahwa terdapat perubahan besar getaran yang dihasilkan pada PWM 75% dengan tanpa beban (gambar 4.9) dan beban 1 Kg, selisih getaran yang dihasilkan kurang lebih sebesar  $\pm 1 \text{ m/s}^2$ .



**Gambar 4.13** Hasil Pengujian Getaran dengan Beban 2 Kg



**Gambar 4.14** Hasil Pengujian Getaran dengan Beban 3 Kg

Pada gambar 4.13 merupakan hasil pengujian getaran dengan menggunakan beban 2 Kg. Grafik menunjukkan bahwa amplitudo terbesar mengalami penurunan jika dibandingkan dengan gambar 4.12, amplitudo tersebut yaitu -3 hingga 2 m/s<sup>2</sup>. Dan frekuensi pada amplitudo terbesar tersebut juga mengalami penurunan.

Pada gambar 4.14 merupakan hasil pengujian getaran dengan menggunakan beban 3 Kg. Grafik menunjukkan bahwa amplitudo terbesar mengalami penurunan, amplitudo tersebut yaitu -2 hingga 1 m/s<sup>2</sup>. Namun frekuensi amplitudo tersebut terlihat lebih besar dibandingkan dengan gambar 4.13.

Dari hasil pengujian bisa dapat disimpulkan bahwa perubahan beban juga mempengaruhi getaran yang dihasilkan. Terbukti dengan menurunnya amplitudo percepatan, sesuai yang terlihat pada grafik pengujian.

#### 4.4.3 Pengujian Kontrol Getaran Terhadap Perubahan Beban

Pada bagian ini dilakukan pengujian kontrol getaran dengan memberikan beban ayakan yang berbeda-beda. Setelah mengetahui bahwa perubahan beban dan perubahan kecepatan motor getar mempengaruhi getaran yang dihasilkan, berikutnya menentukan *setpoint* getaran yang sesuai dengan kebutuhan. Pada pengujian ini *setpoint* getaran yang digunakan adalah  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  dan kontrol ini dilakukan dengan mengubah-ubah kecepatan motor getar, sedangkan beban yang digunakan pada pengujian kali ini adalah 1 – 4 Kg dengan kenaikan per Kg.

Pada tabel 4.7 merupakan hasil pengujian kontrol getaran terhadap perubahan getaran. Pada tabel tersebut belum mewakili nilai getaran secara akurat karena hanya mengambil sampel sebanyak 25 data dengan selang waktu 2 ms tiap pengambilan sampel.



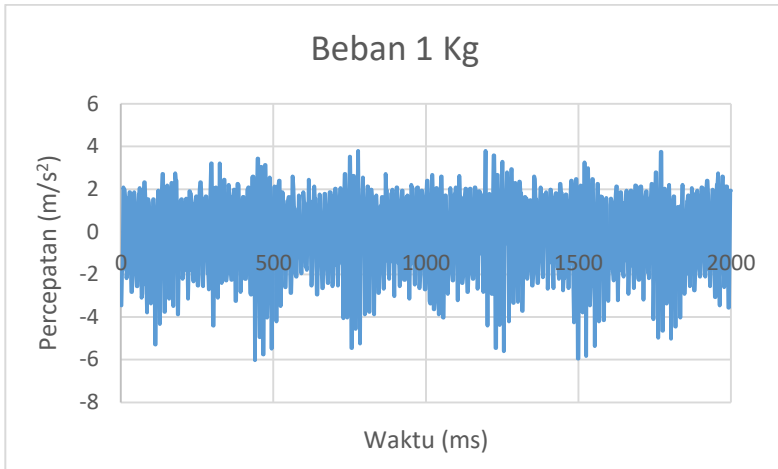
**Gambar 4.15** Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 3 Kg



**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Kontrol Getaran

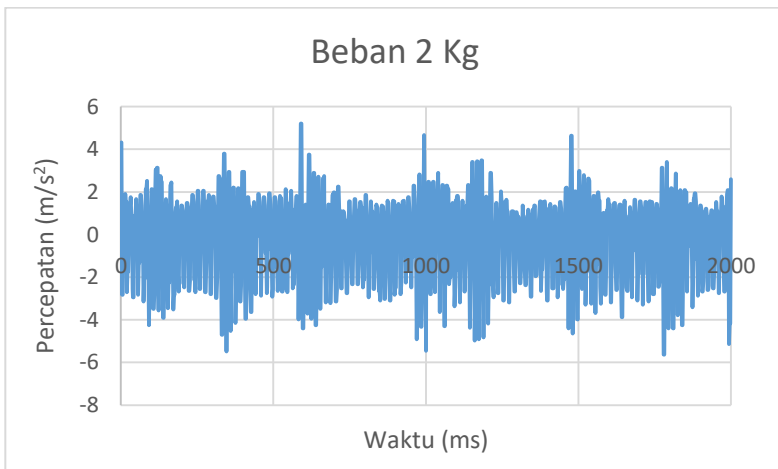
| Waktu<br>(ms) | Percepatan Sumbu X ( $\text{m/s}^2$ ) |            |            |            |
|---------------|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|               | Beban 1 Kg                            | Beban 2 Kg | Beban 3 Kg | Beban 4 Kg |
| 2             | -3,45                                 | 4,32       | 0,55       | 0,79       |
| 4             | -1,79                                 | -2,83      | 1,82       | -2,25      |
| 6             | -1,79                                 | -2,83      | 1,52       | 1,36       |
| 8             | 2,09                                  | 0,17       | 1,52       | 1,9        |
| 10            | 1,98                                  | 1,13       | -2,79      | 1,9        |
| 12            | 1,98                                  | 1,13       | -1,95      | 1,75       |
| 14            | 1,59                                  | 1,9        | -1,95      | -3,83      |
| 16            | 1,59                                  | 1,52       | -0,48      | -3,83      |
| 18            | -2,18                                 | 1,52       | 3,32       | 1,25       |
| 20            | -1,95                                 | -2,71      | 3,32       | 1,52       |
| 22            | -1,95                                 | -1,75      | 0,29       | 1,52       |
| 24            | -0,02                                 | -1,75      | -2,83      | 1,67       |
| 26            | 1,29                                  | -0,21      | -2,83      | -2,52      |
| 28            | 1,86                                  | 1,36       | 0,63       | -2,52      |
| 30            | 1,86                                  | 1,36       | 1,17       | -1,1       |
| 32            | -1,41                                 | 1,75       | 1,17       | 1,21       |
| 34            | -2,83                                 | 0,82       | 1,63       | 1,21       |
| 36            | -2,83                                 | 0,82       | -2,45      | 0,4        |
| 38            | -1,79                                 | -2,56      | -2,45      | -2,6       |
| 40            | 1,25                                  | -2,95      | -1,79      | -2,6       |
| 42            | 1,25                                  | -2,95      | -0,18      | -3,52      |
| 44            | 1,86                                  | 0,4        | 2,44       | 0,67       |
| 46            | 1,29                                  | 0,9        | 2,44       | 0,67       |
| 48            | 1,29                                  | 0,9        | -0,25      | 1,21       |
| 50            | -1,87                                 | 1,67       | -0,25      | 0,82       |

Pada gambar 4.16 merupakan grafik hasil pengujian kontrol getaran dengan beban 1 Kg. Pada grafik terlihat bahwa amplitudo yang dihasilkan hampir mendekati  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ , namun terdapat beberapa sinyal yang terjadi lonjakan hingga melebihi  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ .

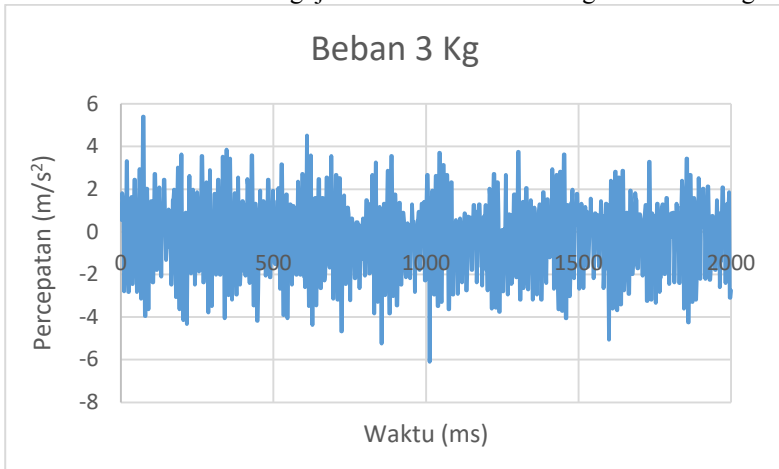


**Gambar 4.16** Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 1 Kg

Pada gambar 4.17 merupakan hasil pengujian kontrol getaran dengan beban 2 Kg. Pada grafik tersebut sinyal yang dihasilkan mengalami lonjakan lebih besar ketika dibandingkan dengan grafik kontrol getaran dengan beban 1 Kg.

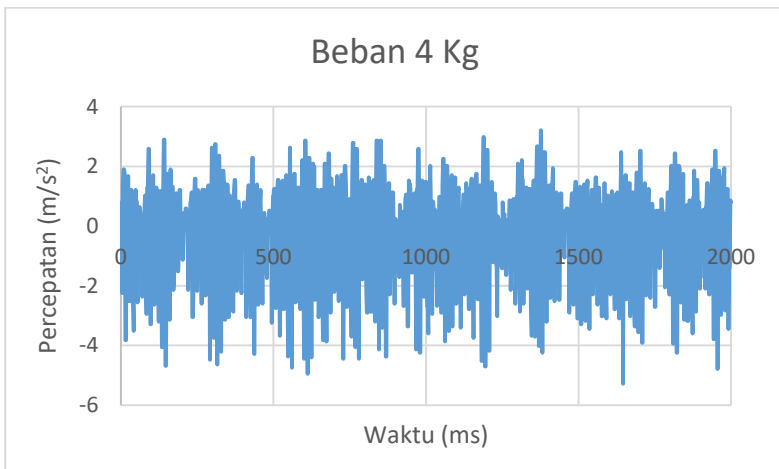


**Gambar 4.17** Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 2 Kg



**Gambar 4.18** Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 3 Kg

Gambar 4.18 merupakan hasil pengujian kontrol getaran dengan beban ayakan 3 Kg. Pada grafik, sinyal yang mengalami lonjakan cenderung lebih sedikit, namun sinyal lebih sulit untuk stabil pada nilai percepatan  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ .



#### **Gambar 4.19** Hasil Pengujian Kontrol Getaran dengan Beban 4 Kg

Pada gambar 4.19 merupakan hasil pengujian kontrol getaran dengan beban ayakan 4 Kg. Grafik menunjukkan bahwa frekuensi sinyal yang berada dibawah  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  lebih banyak dibandingkan dengan grafik yang lainnya. Juga terlihat bahwa sinyal mengalami ketidakstabilan cukup besar.

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa sinyal masih mengalami *error* yang cukup besar dan terkadang mengalami lonjakan pada kondisi-kondisi tertentu. Hal itu dikarenakan kecepatan motor getar yang tidak linier, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Pada suatu titik tertentu PWM kecepatan motor dengan beban eksentrik mengalami lonjakan yang besar, hal tersebut yang menyebabkan getaran mengalami lonjakan pada kondisi-kondisi tertentu.

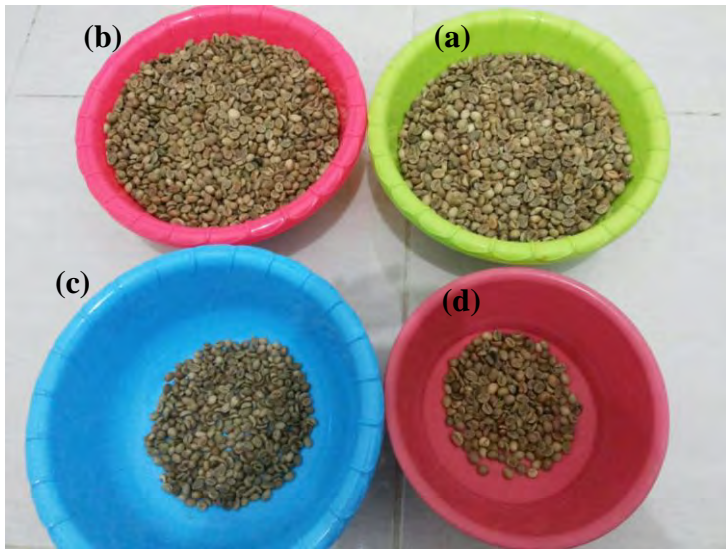
### **4.5 Pengujian Efisiensi Alat Sortasi Biji Kopi**

Pada bagian ini dilakukan pengujian guna untuk mengetahui tingkat efisiensi alat sortasi yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur berat total hasil sortasi pada biji kopi ukuran besar, sedang, dan kecil. Kemudian juga dilakukan pengukuran pada biji kopi yang masih tersangkut pada alat ayakan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam sekali pengayakan, guna untuk mengetahui efisiensi dan menentukan berat terendah yang digunakan pada proses kendali.

Pada pengujian ini berat total biji kopi yang masih tercampur adalah 2000 gram. Pengujian dilakukan beberapa kali sehingga dapat memberikan nilai rata-rata pada tingkat efisiensi dan *error* nya. Pada gambar 4.20 menunjukkan biji kopi yang telah diayak dan telah terklasifikasikan berdasarkan ukurannya, serta biji kopi yang masih tersangkut pada alat ayakan. Pada tabel 4.8 menunjukkan data-data tersebut dengan beberapa kali pengujian yang telah dilakukan.

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian Sortasi dengan Berat Total 2000 gram

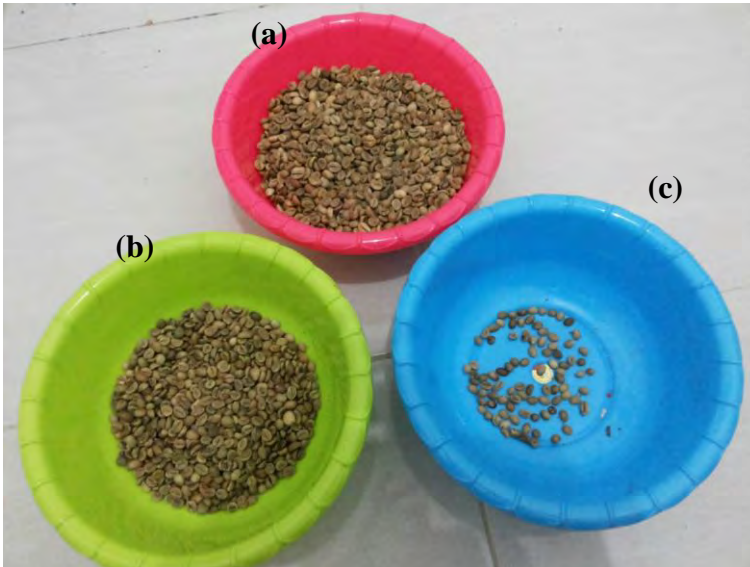
| Pengujian ke- | Berat Total 2000 gram |               |              |                   | Waktu (detik) |
|---------------|-----------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|
|               | Besar (gram)          | Sedang (gram) | Kecil (gram) | Tersangkut (gram) |               |
| 1             | 890                   | 1000          | 60           | 50                | 142,95        |
| 2             | 880                   | 950           | 80           | 90                | 154,76        |
| 3             | 940                   | 910           | 70           | 80                | 161,36        |



**Gambar 4.20** Hasil Pengujian, (a) Biji Kopi Ukuran Besar = 890 gram,  
 (b) Biji Kopi Ukuran Sedang = 1000 gram,  
 (c) Biji Kopi Ukuran Kecil = 60 gram,  
 (d) Biji Kopi yang Tersangkut = 50 gram

#### **4.5.1 Pengujian Tingkat *Error* pada Biji Kopi Ukuran Besar**

Setelah didapat data hasil pengujian pada tabel 4.8, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat *error* pada biji kopi ukuran besar. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengayakan kembali, namun hanya dilakukan pada biji kopi ukuran besar yang telah diayak tadi. Pada gambar 4.21 merupakan salah satu dokumentasi pengukuran, sedangkan pada tabel 4.9 hingga tabel 4.11 menunjukkan hasil pengukuran tingkat *error* tersebut dengan tiga kali pengayakan yang dilakukan secara berulang-ulang hingga nilai *error* yang kecil.



**Gambar 4.21** Mengukur Tingkat *Error* pada Biji Kopi Ukuran Besar,  
 (a) Berat Biji Kopi Ukuran Besar yang Sebenarnya = 740 gram  
 (b) *Error* Berat Biji Kopi Ukuran Sedang = 140 gram  
 (c) *Error* Berat Biji Kopi Ukuran Kecil = 10 gram

**Tabel 4.9** Pengukuran Tingkat *Error* Hasil Sortasi pada  
 Biji Kopi Ukuran Besar pada Pengayakan yang ke-1

| Pengujian ke- | Besar (gram) | <i>Error</i> Sedang (gram) | <i>Error</i> Kecil (gram) | Total <i>Error</i> (%) | Waktu (detik) |
|---------------|--------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|---------------|
| 1             | 890          | 140                        | 10                        | 16,85                  | 68,97         |
| 2             | 880          | 120                        | 10                        | 14,77                  | 67,76         |
| 3             | 940          | 130                        | 20                        | 15,96                  | 73,32         |

**Tabel 4.10** Pengukuran Tingkat *Error* Hasil Sortasi pada Biji Kopi Ukuran Besar pada Pengayakan yang ke-2

| Pengujian ke- | Besar (gram) | Error Sedang (gram) | Error Kecil (gram) | Total Error (%) | Waktu (detik) |
|---------------|--------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| 1             | 740          | 55                  | 5                  | 8,1             | 56,61         |
| 2             | 750          | 54                  | 7                  | 8,13            | 57,69         |
| 3             | 790          | 67                  | 10                 | 9,75            | 60,25         |

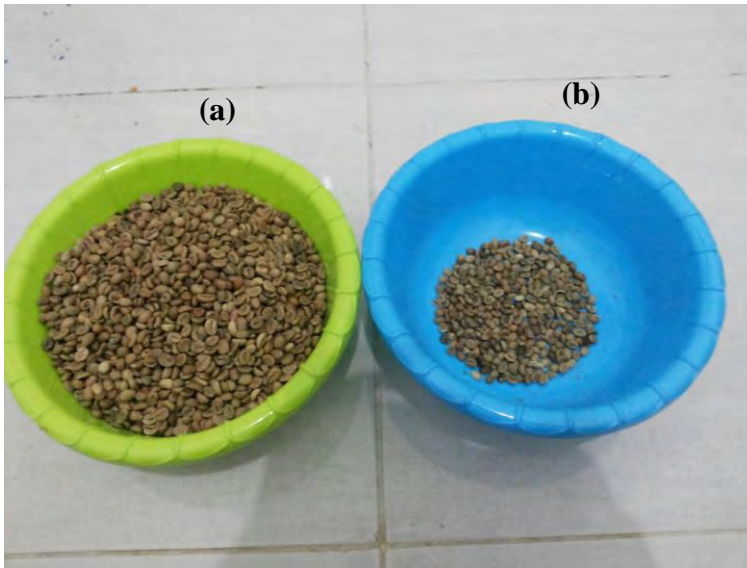
**Tabel 4.11** Pengukuran Tingkat *Error* Hasil Sortasi pada Biji Kopi Ukuran Besar pada Pengayakan yang ke-3

| Pengujian ke- | Besar (gram) | Error Sedang (gram) | Error Kecil (gram) | Total Error (%) | Waktu (detik) |
|---------------|--------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| 1             | 680          | 12                  | 1                  | 1,91            | 52,36         |
| 2             | 689          | 13                  | 2                  | 2,17            | 53,74         |
| 3             | 713          | 14                  | 2                  | 2,24            | 55,43         |

Dari hasil pengujian didapat bahwa tingkat *error* bernilai kecil yaitu sebesar 1,91 – 2,24 % jika biji kopi ukuran besar diayak sebanyak 3 kali. Dengan waktu total pengayakan yang diperlukan yaitu untuk pengujian ke-1 sebesar 177,94 detik, pengujian ke-2 sebesar 179,19 detik, dan pengujian ke-3 sebesar 189 detik.

#### 4.5.2 Pengujian Tingkat *Error* pada Biji Kopi Ukuran Sedang

Kemudian selanjutnya pengujian yang sama dilakukan pada biji kopi ukuran sedang untuk mengetahui tingkat *error*. Mengacu pada tabel 4.8, pengujian dilakukan dengan cara mengayak kembali biji kopi ukuran sedang yang telah diayak tadi. Pada gambar 4.22 merupakan salah satu dokumentasi pengujian, sedangkan pada tabel 4.12 hingga tabel 4.13 menunjukkan hasil pengukuran tingkat *error* tersebut dengan dua kali pengayakan yang dilakukan secara berulang-ulang hingga nilai *error* yang didapat kecil.



**Gambar 4.22** Mengukur Tingkat *Error* pada Biji Kopi Ukuran Sedang  
 (a) Berat Biji Kopi Ukuran Sedang yang Sebenarnya = 960 gram  
 (b) *Error* Berat Biji Kopi Ukuran Kecil = 40 gram

**Tabel 4.12** Hasil Pengukuran Tingkat *Error* Hasil Sortasi pada Biji Kopi Ukuran Sedang pada Pengayakan ke-1

| Pengujian ke- | Sedang (gram) | <i>Error</i> Kecil (gram) | Total <i>Error</i> (%) | Waktu (detik) |
|---------------|---------------|---------------------------|------------------------|---------------|
| 1             | 1000          | 40                        | 4                      | 77,51         |
| 2             | 950           | 50                        | 5,26                   | 73,86         |
| 3             | 910           | 30                        | 3,29                   | 70,98         |

**Tabel 4.13** Hasil Pengukuran Tingkat *Error* Hasil Sortasi pada Biji Kopi Ukuran Sedang pada Pengayakan ke-2

| Pengujian ke- | Sedang (gram) | <i>Error</i> Kecil (gram) | Total <i>Error</i> (%) | Waktu (detik) |
|---------------|---------------|---------------------------|------------------------|---------------|
| 1             | 960           | 14                        | 1,46                   | 74,12         |
| 2             | 900           | 11                        | 1,22                   | 71,39         |
| 3             | 880           | 10                        | 1,14                   | 69,89         |



Dari hasil pengujian didapat bahwa tingkat *error* bernilai kecil yaitu sebesar 1,14 – 1,46 % jika biji kopi ukuran besar diayak sebanyak 3 kali. Dengan waktu total pengayakan yang diperlukan yaitu untuk pengujian ke-1 sebesar 151,63 detik, pengujian ke-2 sebesar 145,25 detik, dan pengujian ke-3 sebesar 140,87 detik.

Dari hasil pengujian didapat tingkat *error* yang berbeda-beda namun tidak terlalu signifikan. Hal itu disebabkan biji kopi yang tumpang tindih ketika diatas ayakan mengakibatkan biji kopi tersebut tidak terayak secara maksimal. Adapun beberapa biji kopi yang masih tersangkut pada ayakan mengakibatkan timbulnya *offset* nilai berat yang nantinya digunakan untuk proses kendali pada sistem.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil uji implementasi alat sortasi biji kopi ini didapatkan beberapa kesimpulan antara lain, yaitu sensor percepatan ADXL345 dapat bekerja dengan baik sesuai dengan percepatan gravitasi bumi ketika memiliki vektor arah yang sama dengan gravitasi bumi ataupun sebaliknya yaitu  $\pm 9,8 \text{ m/s}^2$ . Sensor berat dengan kapasitas berat maksimum 20 Kg yang digunakan dapat bekerja dengan baik, terbukti dengan nilai *error* yang dihasilkan hampir seluruh data kurang dari 1 %. Motor DC yang digunakan mengalami penurunan performa dan kecepatan yang dihasilkan tidak linear ketika menggunakan beban eksentrik, terbukti motor aktif pada PWM 40 %, sedangkan tanpa beban eksentrik motor aktif pada PWM 30 %.

Berdasarkan hasil pengujian, percepatan yang dihasilkan oleh motor getar sebanding dengan kecepatan putar motor getar. Ketika PWM 50%, percepatan mencapai  $\pm 3 \text{ m/s}^2$ , ketika PWM 75% percepatan mencapai  $\pm 4 \text{ m/s}^2$ , dan PWM 90% percepatan mencapai  $-8 \text{ m/s}^2$  hingga  $4 \text{ m/s}^2$ . Berat beban juga mempengaruhi nilai percepatan yang dihasilkan, ketika beban 1 Kg percepatan mencapai  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  dan pada saat beban 3 Kg percepatan yang dihasilkan menurun yaitu  $-2 \text{ m/s}^2$  hingga  $1 \text{ m/s}^2$ .

Hasil pengujian kendali getaran terhadap perubahan beban dengan nilai *setpoint*  $\pm 3 \text{ m/s}^2$  menghasilkan getaran yang cukup stabil. Namun masih terjadi lonjakan pada beberapa titik, hal itu dikarenakan kecepatan putar motor getar yang tidak linear berdampak pada proses kendali yang sulit dilakukan.

Implementasi alat sortasi biji kopi yang dilengkapi dengan sensor ADXL345 dan *load cell* ini mampu mengayak biji kopi dengan cukup baik. Dapat melakukan sortasi biji kopi sebesar 2 Kg dengan biji kopi yang tersangkut 50 – 90 gram, pada biji kopi ukuran besar memiliki tingkat *error* akhir sebesar 1,91 – 2,24 % dan membutuhkan waktu total pengayakan selama 177,94 – 189 detik, dan pada biji kopi ukuran sedang memiliki tingkat *error* akhir sebesar 1,14 – 1,46 % dan membutuhkan waktu total pengayakan selama 140,87 – 151,63 detik. Dikarenakan berat biji kopi yang tersangkut mencapai 90 gram, maka pada sistem kendali yang digunakan diatur *offset* nilai berat sebesar 100 gram.

## **5.2 Saran**

Untuk pengembangan dan penyempurnaan pembuatan dari penelitian ini, maka adapun beberapa saran yang diberikan antara lain sebagai berikut:

1. Desain lubang ayakan yang lebih rapat dapat meningkatkan efisiensi kinerja sistem. Serta menggunakan motor DC dengan torsi yang lebih besar, sehingga kecepatan dapat tetap linear walaupun dengan beban eksentrik, dengan demikian proses kendali getaran dapat lebih mudah dilakukan.
2. Menggunakan desain beban eksentrik yang lebih berat agar dapat menghasilkan getaran yang lebih maksimal. Hal ini juga berkaitan dengan torsi yang dimiliki oleh motor DC yang digunakan.
3. Dimensi ayakan dibuat lebih panjang agar biji kopi yang tumpang tindih dapat terayak lebih maksimal, hal ini akan memberikan kesempatan pada setiap biji kopi untuk melawati lubang-lubang ayakan, sehingga akan meningkatkan efisiensi dari proses pengayakan tersebut.
4. Penambahan sensor pendeteksi frekuensi getaran untuk mempermudah proses kontrol getaran yang dilakukan, karena kecepatan motor getar juga mempengaruhi frekuensi dari getaran itu sendiri.

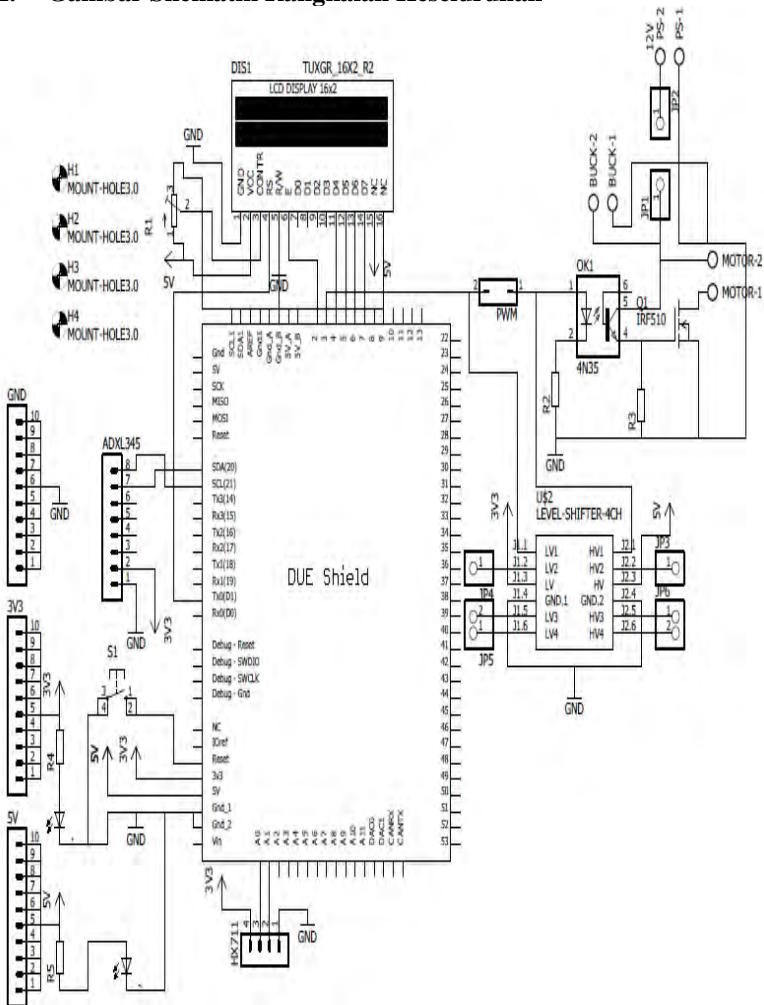
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dyah Riniarsari Triyanti, Suwandi, Leli Nuryanti, "Outlook Kopi," *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian*, ISSN 1907-1507, (2016) p. 54
- [2] Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, <URL:<http://iccri.net>>. *Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute*. [Diakses: 25 Januari 2018].
- [3] Cecep Risnandar, Ali Fahmi. Kopi Robusta, <URL: <https://jurnalbumi.com/kopi-robusta/>> [Diakses: 25 Januari 2018].
- [4] Panitia Teknis 65-03 Pertanian, "SNI 01-2907-2008 Biji Kopi," *Badan Standardisasi Nasional*, (2008) p. 4-5
- [5] Maulidzar MJ, "Uji Kinerja Mesin Sortasi Tipe Silinder Untuk Biji Kopi Berdasarkan Ukuran," *Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh*, (2014)
- [6] \_\_\_\_\_, "Standart Umum Pengujian Mutu Pada Biji Kopi," *Gayo Cuppers Team*, p. 23
- [7] Clarke RJ and R Macrae, "Post-harvest Processing and Quality Assurance for Specialty/Organic Coffee Products," *Alastair Hicks FAO Reg. Off. Asia Pacific. Bangk. Thai.*, (2008) p. 3-5
- [8] Sumantri K.Risandriya, Muhammad Rivai, "Aplikasi Sensor Micro Electro Mechanical System (MEMS) Sebagai Identifikasi Ketidaknormalan Pada Conveyor Belt System," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Surabaya, (2011, Juli)
- [9] Muhammad Rivai, Mauridhi Hery Purnomo, "GA-SVC Based Search Applied for Optimization of Image Features Subset in Quality Estimation System of Bulk Green Coffee Bean," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, (2015)
- [10] Putut Son M, Muhammad Rivai, "Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra dan Fuzzy Logic," Seminar Nasional Menggagas Kebangkit Komoditas Unggulan Lokal Pertanian dan Kelautan, *Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura*, (2013) p. 2
- [11] Analog Devices, "Digital Accelerometer ADXL345," *Analog Devices*, 2008.

- [12] Kamlesh H.Thakkar, Vipul.M.Prajapati, Bipin D.Patel, "Performance Evaluation of Strain Gauge Based Load Cell to Improve Weighing Accuracy," International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, *Sankalchand Patel College of Engineering*, Visnagar, India, ISSN 2278-621X (2013, Jan) p.1-3
- [13] Fathurrozi Winjaya, Muhammad Rivai, Djoko Purwanto, "Identification of Cracking Sound During Coffee Roasting Using Neural Network," International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Surabaya, (2017) p. 1
- [14] Yangyi Chen, "Vibration Motor," (2013, April) p. 7-8.
- [15] Arduino, Arduino Due, <URL: <https://store.arduino.cc/arduino-due>> [Diakses: 30 Januari 2018]
- [16] \_\_\_\_\_, "Strain Gauge Measurement – A Tutorial," *National Instruments Corporation*, (1998, Agustus)
- [17] \_\_\_\_\_, "24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales," *AVIA Semiconductor*, China
- [18] \_\_\_\_\_, "Basic Calculation of a Buck Converter's Power Stage," *Texas Instruments*, SLVA477B, (2015, Agustus)
- [19] \_\_\_\_\_, "Specifications of LCD Module," *Xiamen Amotec Display CO.,LTD*, ADM1602K-NSW-FBS/3.3V, (2008, Oktober)
- [20] Putra Trimardian Asri, Muhammad Rivai, Tasripan, "Sistem Pendeteksi Kepatahan Mata Bor Pada Mesin Cetak PCB Berdasarkan Analisa Getaran Spindle Menggunakan Teensy Board," Jurnal Teknik ITS Vol. 7, No. 1, *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Surabaya, (2018, Mar) p. 2

## LAMPIRAN

### A. Gambar Skematik Rangkaian Keseluruhan



## B. Listing Program Sistem Secara Keseluruhan

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>

#define I2C_add    0x53    // alamat I2C ADXL345
byte buff[6];           // 6 byte untuk data
dari ADXL345
float pwm;
int potentio = A2;
int motor = 3;
const int rs = 1, en = 2, d4 = 4, d5 = 5, d6 = 6,
d7 = 7;
const int DT = A1, SC = A0;
LiquidCrystal lcd (rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(motor, OUTPUT);
    pinMode(SC, OUTPUT);
    pinMode(DT, INPUT);
    Wire.begin();
    // Menghidupkan POWER_CTL ADXL345
    writeTo(I2C_add, 0x2D, 0);
    writeTo(I2C_add, 0x2D, 16);
    writeTo(I2C_add, 0x2D, 8);
    // DATA_FORMAT di set maksimum hingga 16G / 160
m/s^2
    writeTo(I2C_add, 0x31, 0x00);
    lcd.begin (16,2);
}

void loop() {
    int regAddress = 0x32; //alamat register axis
yang pertama
    int x, y, z;
    float x1, y1, z1;
    float berat = gram()-6.08;
    readFrom(I2C_add, regAddress, 6, buff); //
ADXL345
```

```

    x = (int)buff[1] << 8 | buff[0]; //
    menggabungkan register 0x32 dan 0x33
    y = (int)buff[3] << 8 | buff[2]; //
    menggabungkan register 0x34 dan 0x35
    z = (int)buff[5] << 8 | buff[4]; //
    menggabungkan register 0x36 dan 0x37
    if (x > 32767) {
        x -=65535; //x = x - 65535
    }
    if (y > 32767) {
        y -=65535; //y = y - 65535
    }
    if (z > 32767) {
        z -=65535; //z = z - 65535
    }
    x1=map(x,0,32768,0,65535);
    x1=(x1/52)-0.08;
    y1=map(y,0,32768,0,65535);
    y1=(y1/52)+0.35;
    z1=map(z,0,32768,0,65535);
    z1=(z1/52)-1.58;

    if (berat > 0.2){
        if (x1 < 3 && x1 > 2.5 || x1 > -3 && x1 < -2.5){
            pwm=pwm;
            analogWrite(motor, pwm);
        }
        if (x1 <= 2.5 && x1 >= -2.5){
            pwm += 7;
            if (pwm >=255){
                pwm = 255;
            }
            analogWrite(motor, pwm);
        }
        if (x1 >= 3 || x1 <= -3) {
            pwm -= 49;
            if (pwm <= 170){
                pwm = 170;
            }
            analogWrite(motor, pwm);
        }
    }
}
if (berat <= 0.2 && berat > 0.1){
    pwm = 255;
}

```



```

        analogWrite(motor, pwm);
    }

    if (berat <= 0.1){
        pwm = 0;
        analogWrite(motor, pwm);
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("x: ");
        lcd.print(x1);
        lcd.print(" m/s2");

        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Berat: ");
        lcd.print(berat);
        lcd.print(" Kg");
        delay(2500);
    }

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("x: ");
    lcd.print(x1);
    lcd.print(" m/s2");

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Berat: ");
    lcd.print(berat);
    lcd.print(" Kg");

    delay(100);
    lcd.clear();
}

void writeTo(byte device, byte address, byte val)
{
    Wire.beginTransmission(device);
    Wire.write(address);
    Wire.write(val);
    Wire.endTransmission();
}

void readFrom(byte device, byte address, byte num,
byte buff[])
{
    Wire.beginTransmission(device); // ADXL345

```

```

    Wire.write(address); // register axis
    Wire.requestFrom(device, num); // meminta nilai
    num dari device

    /*Memasukkan data pada register 0x32-0x37 ke
    variabel byte[6]*/
    byte i = 0;
    while(Wire.available())
    {
        buff[i] = Wire.read();
        i++;
    }
    Wire.endTransmission();
}

float gram(){
    long val = (value() - 8272003); //offset
    return (float) val / 105243.5049;
}

long value(){
    byte data[3];
    while (digitalRead(DT));
    for (byte j = 3; j--;)
    {
        for (char i = 8; i--;)
        {
            digitalWrite(SC, HIGH);
            bitWrite(data[j], i, digitalRead(DT));
            digitalWrite(SC, LOW);
        }
    }
    digitalWrite(SC, HIGH);
    digitalWrite(SC, LOW);
    data[2] ^= 0x80;
    return ((uint32_t) data[2] << 16) |
    ((uint32_t) data[1] << 8)
    | (uint32_t) data[0];
}

```

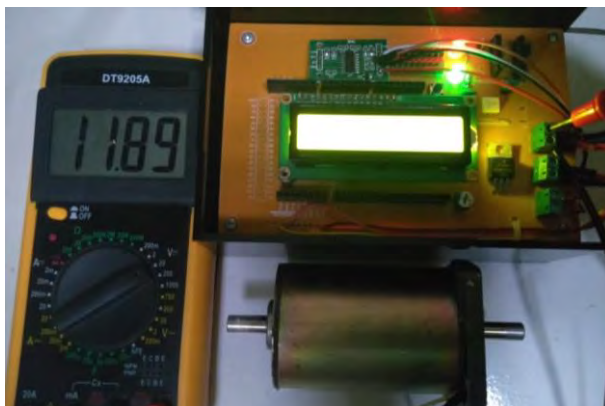
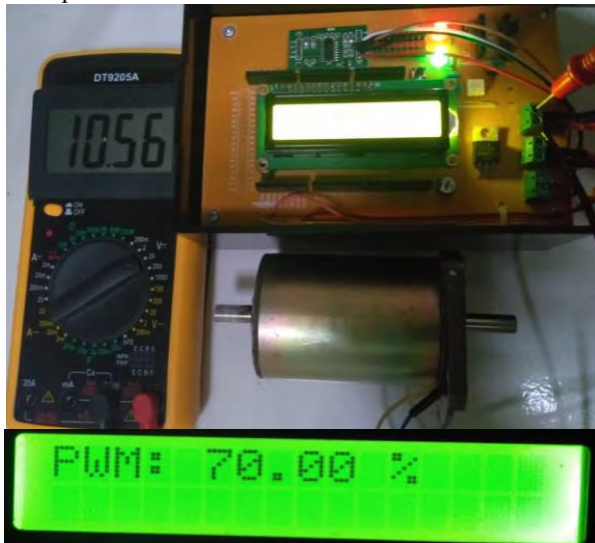
### C. Pengujian Sensor Berat





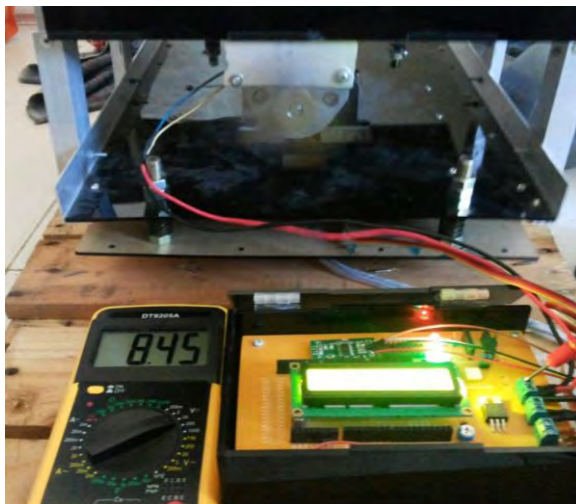
#### D. Pengujian Kecepatan Motor

##### 1. Tanpa Beban Eksentrik





2. Dengan Beban Eksentrik





***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



**Dandi Zulfikar Azis** adalah nama penulis dari penelitian ini. Penulis lahir dari orang tua yang bernama Suparlan S.Sos dan Ir. Siti Romlah sebagai anak kedua dari dua bersaudara. Penulis dilahirkan di Kota Madiun pada tanggal 8 September 1993. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN Klegen 01 Madiun (tahun 2000-2006), melanjutkan ke SMPN 01 Madiun (tahun 2006-2009), SMAN 02 Madiun (tahun 2009-2012), kemudian melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Fakultas Teknologi

Industri Jurusan D3 Teknik Elektro (tahun 2012-2016), dan pada akhirnya menempuh pendidikan S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Fakultas Teknologi Elektro Departemen Teknik Elektro (tahun 2016-2018).



***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

